

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННО-
ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ АПАРАТУРИ**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) Лисенко О.М.
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 20__ р.

**Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності 6.050902 РАДІОЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ

(код та назва напряму підготовки або спеціальності)

на тему Система пошуку об'єктів

Виконав: студент IV курсу, групи ДК-51

Дячук Олександр Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник ст. викл. Антонюк О.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ - 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
Факультет електроніки
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 6.050902 РАДІОЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Лисенко О.М.

(підпис)(прізвище ініціали)

«__» _____ 20__р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

_____ Дячук Олександр Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Система пошуку об'єктів
керівник проекту Антонюк Олександр Ігорович, старший викладач
затверджені наказом по університету від 27.05.2019 №1405-с
2. Термін подання студентом проекту _____
3. Вихідні дані до проекту Кліматичне виконання УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150-69.
Пристрій повинен забезпечувати передачу на нього керуючих сигналів,
прийняття інформаційних сигналів, їх обробку та вивід на екран.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:
 - аналіз технічного завдання;
 - пошук аналогів
 - Розробка структурної схеми та принцип роботи пристрою

- Розробка та розрахунок схеми електричної принципової;
- Формування монтажно простору;
- конструкторсько-технологічні розрахунки;
- електричний розрахунок друкованої плати пристрою ;
- розрахунок надійності друкованої плати приладу ;
- розрахунок віброміцності друкованої плати;
- проектування у Altium Designer;
- моделювання;
- реалізація
- висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо):

- структурна схема блока керування
- схема електрична принципова блока керування;
- друкована плата блока керування;
- складальне креслення друкованої плати блока керування.

6. Дата видачі завдання 15.03.19

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання Дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	15.03.19-26.03.19	виконано
2	Вибір елементної бази та друкованої плати	26.03.19-02.04.19	виконано
3	Схемотехнічне проектування	02.04.19-09.04.19	виконано
4	Виконання креслень схеми електричної принципової	09.04.19-23.04.19	виконано
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	23.04.19-30.04.19	виконано
6	Електричний розрахунок друкованої плати	30.04.19-07.05.19	виконано
7	Розрахунок віброміцності друкованої плати	07.05.19-14.05.19	виконано
8	Проектування у Altium Designer	14.05.19-21.05.19	виконано
9	Виконання креслень друкованої плати та складального креслення друкованого вузла	21.05.19-28.05.19	виконано
10	Оформлення пояснювальної записки	28.05.19-19.06.2019	Виконано

Студент _____ Дячук О.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Антонюк О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема статті відноситься до напрямку відеоспостереження. Об'єктом розробки стала система відео спостереження. Предмет роботи – пошук методу для обробки даних які система повинна аналізувати. Метою даної роботи є розробка такої системи, яка буде застосовуватися для розпізнавання руху в заданій області або для відслідковування фізичних змін об'єкта.

У першому розділі обрано метод міжкадрової різниці, для впровадження в систему відеоспостереження та пошук існуючих систем, які застосовуються у галузі пошуку об'єктів.

У другому розділі розроблено структурну схему, виконано підбір елементної бази і на основі попередніх етапів сформовано схему електричну принципову, виконано підбір компонентів за номіналами виходячи з технічної документації.

У третьому розділі зроблено аналіз класів точності, типів та матеріалів ДП, сформовано монтажний простір.

У четвертому розділі виконано розрахунки, що підтверджують працездатність схеми.

У п'ятому розділі розроблено частину програмного забезпечення та виконано моделювання в Matlab

Ключові слова: Відео спостереження, ПЛІС, Між кадрова різниця, Друкована плата, МАТЛАБ.

ABSTRACT

The subject of the article refers to the direction of video surveillance. The object of development was the system of video surveillance. The object of work - the search for a method for processing the data which the system should analyze. The purpose of this work is the development of such a system, which will be used to recognize the movement in a given area or to track the physical changes to the object.

In the first section the method of interframe difference is chosen, for introduction into the system of video surveillance and search of existing systems which are used in the field of search of objects.

In the second section a structural scheme was developed, the element base was selected and, based on the previous steps, the electric principle was formed, the components were selected on the basis of the technical documentation.

In the third section, an analysis of the classes of accuracy, types and materials of the DP, made installation space.

In the fourth section, the calculations, which confirm the efficiency of the scheme, are performed.

In the fifth section, a piece of software was developed and a simulation was performed in Matlab

Keywords: Video Surveillance, FPGA, Between Frame Difference, Printed Board, MATLAB.

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: **Система пошуку об'єктів**

Київ – 2019

Зміст

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів	3
ВСТУП	4
Розділ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	7
1.1 Принцип роботи.....	7
1.2. Пошук аналогів.....	9
Розділ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ	12
2.1.Розробка структурної схеми та принцип роботи пристрою	12
2.2 Розробка та розрахунок схеми електричної принципової	17
Розділ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	22
3.1. Вибір класу точності.....	22
3.2.Тип друкованої плати.....	23
3.4.Формування монтажного простору	27
3.5 Використання Altium Designer при проектуванні.....	29
Розділ 4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКОГО РІШЕННЯ	31
4.1 Виконання конструкторсько-технологічного розрахунку елементів ДМ	31
4.2. Електричний розрахунок друкованої плати	36
4.3 Розрахунок надійності друкованого вузла	39
4.4 Розрахунок віброміцності друкованого вузла.....	46
Розділ 5. РЕАЛІЗАЦІЯ	49
5.1.Моделювання	49

					ДК51.201219.001 ПЗ				
Змн	Арк	№ доким	Підпис	Дата	Система пошуку Об'єктів Пояснювальна записка	Лім.	Арк.	Архивів	
Розробив		Дячук О.В.					1	60	
Перевірів		Антонюк О.І.							
Н. Контр.		Лисенко О.І.							
Затвердив		Антонюк О.І.				НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФЕЛ, гр. ДК-51			

5.2. Програмування пристрою	53
ВИСНОВКИ	57
Список літератури	59

Додаток А Технічне завдання на проектування

Додаток Б Участь у XII МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІЙ
КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ «ЕЛЕКТРОНІКА-2019»

Додаток В Учать у XVIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА
КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ УЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ
«Наукові розробки молоді на сучасному етапі»

Додаток Г Система пошуку об'єктів. Спецефікація

Додаток Д Плата. Перелік елементів

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів

ПЛІС- Програмована логічна інтегральна схема

ЦАП - Цифро-аналогове перетворення

АЦП - Аналогово-цифрове перетворення

КЕ – конструктивний елемент

ДП –друкована плата

ІС –інтегральна схема

ФВЧ- Фільтр високих частот

ФНЧ- Фільтр низьких частот

VGA - Video Graphics Array

VBI – У растровій графіці інтервал вертикального гасіння (VBI), також відомий як вертикальний інтервал або VBLANK, є часом між кінцем останнього рядка кадру або поля і початком першого рядка наступного кадру.

Ω – Позначення опору

FPGA – Field-Programmable Gate Array

CRT - Cathode Ray Tube . В основі CRT моніторів лежить катодно-променева трубка, але це дослівний переклад, технічно правильно говорити електронно-променева трубка (ЕПТ).

PAL - (Phase Alternating Line)- система аналогового кольорового телебачення

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Ринок відеоспостереження оцінювався в 30,37 млрд доларів США за підсумками 2016 року. І за прогнозами аналітиків MarketsandMarkets, досягне 75,64 млрд доларів США до 2022 року. Середньорічні темпи зростання складуть 15,4% в період між 2017 і 2022 роками [1]. Триває зниження загального рівня цін. Багато рішень, які раніше були преміум класу, тепер доступні в більш бюджетному ціновому діапазоні. Це веде, в першу чергу, до зростання кількості IP-систем та їх використання для об'єктів малого і середнього бізнесу. Використання відеоспостереження в бізнесі значно розширюється через зростаючі потреби у фізичній безпеці в поєднанні з використанням хмарних технологій для централізованих даних. У глобальному масштабі прагнення підвищити безпеку в різних галузях значно збільшує зростання ринку. З швидким розвитком хмарних обчислень і програмного забезпечення для відеоспостереження, ринок відеоспостереження змінився в порівнянні з попереднім десятиліттям. Збільшення ринку, веде за собою зменшення ціни на апаратні комплектуючі. Отже, зібрати власну систему стане доступніше. Тобто, можна буде не звертатися до спеціалізованих організацій. Тому, я вважаю актуальною галузь відеоспостереження на даний момент.

Одна із важливих проблем, які вирішуються системами відеоспостереження, - виявлення руху. Рухом можна вважати і переміщення об'єкту в області видимості системи так і зміну фізичних властивостей об'єктів в області спостереження з часом. На практиці ці проблеми вирішують відео детектори [2]. Відео детектор руху являє собою апаратно-програмний засіб, що входить до складу системи охоронного спостереження і забезпечує автоматичне виявлення рухомих об'єктів в потоковому відео . Відео детектори можуть бути

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

реалізовані програмним чином на сервері системи безпеки або інтегровані безпосередньо в камеру. Класичний підхід полягає в програмній реалізації відео детектора на сервері, який обробляє потокове відео, яке надходить з аналогових або ір-камер. В якості апаратної платформи зазвичай використовується x86-сумісні комп'ютерами зі спеціалізованими платами відео захоплення і апаратними прискорювачами компресії. Такі серверні відео детектори реалізовані у вітчизняних системах «Інтелект» компанії «іTV», «трасуючими» компанії «DSSL» і ін. Головними перевагами серверного, централізованого підходу є проста інтеграція і гнучкість відеоаналітики. Істотним недоліком є те, що відео детектор обробляє сигнал, спотворений аналоговим трактом або алгоритмами стиску. Інший мінус - значне навантаження на канали зв'язку і погана масштабованість сервера. У разі перевантаження сервер починає пропускати кадри, що призводить до пропущених подій і помилкових спрацьовувань. Перераховані недоліки значно посилюються при переході на стандарт HD. Альтернативний підхід полягає у використанні вбудованих відео детекторів. В цьому випадку обробка поточного відео виробляється безпосередньо в камері до стиснення і передачі в ситуаційний центр. Недоліками вбудованих відео детекторів є складності їх інтеграції через відсутність загальноприйнятих стандартів і більш висока вартість апаратного забезпечення.

Виходячи з аналізу недоліків вище наведених систем, хочу запропонувати варіант реалізації відео детектора , який би їх не мав . А саме , виявлення руху проводитиметься без постійного аналізу відео потоку , відео детектор володітиме меншими розмірами та матиме меншу собівартість в порівнянні з існуючими рішеннями на ринку. Для виконання поставленої задачі програмний комплекс базуватиметься на методі різницевої кореляції . Пристрій зберігає

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

перший кадр відео послідовності, потім через заданий інтервал вилучає кадр для порівняння. Чим більший такий інтервал, тим вище чутливість системи до мало рухомих об'єктів.

Для виконання поставленого завдання головною частиною апаратного комплексу служитиме мікросхема FPGA. Її використання дозволить реалізувати швидкодіючу систему, яка здатна робити аналіз двох кадрів відео потоку декілька разів на секунду.

Системи на основі запропонованого програмного комплексу можна використовувати у медицині, автомобілебудування, у якості проектування систем безпеки, у якості систем розпізнавання для дронів, для пошуку несправностей та ще у багатьох сферах.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Розділ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Принцип роботи

Пристрій призначений для виконання функцій відео спостереження, з метою виявлення зміни фізичних властивостей у досліджуваній області або об'єкта та з метою виявлення руху в області зйомки. Одним із способів розпізнавання об'єктів у відео послідовності є використання, так званих фільтраційних методів. Ці методи дозволяють виділити на зображенні потрібні області без їхнього аналізу. Більшість цих методів використовує єдине перетворення до всіх точок відеокадру. Найпростіше перетворення – це бінаризація по порогу. Для RGB зображень і зображень в градаціях сірого порогом є значення кольору. Ідеальною задачею для даного методу є виділення об'єктів на білому фоні. Вибір порогу по якому проходить бінаризація, визначає сам процес бінаризації. Зазвичай, бінаризація здійснюється з використанням алгоритму який адаптивно обирає поріг. Таким алгоритмом може бути вибір математичного очікування або моди.

Класичні методи фільтрації із радіолокації і обробки сигналів можна успішно використовувати в багатьох задачах обробки зображень. Традиційним методом в радіолокації який майже не використовується в зображеннях в чистому вигляді, є перетворення Фур'є. Одне із небагатьох виключень, при яких використовується перетворення Фур'є – компресія зображень. Для аналізу зображення одновимірного зображення зазвичай не досить, тому потрібно використовувати більш ресурсомістке двовимірне перетворення. Зазвичай перетворення використовується з уже готовим фільтром ФВЧ або ФНЧ. Даний метод дозволяє отримати спектр області зображення, яка нас цікавить. Якщо використовувати для згортки з сигналом деяку випадкову характеристичну функцію, то дана операція називатиметься вейвлет- перетворення.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Зазвичай вейвлет аналізом називають пошук випадкової області на зображенні за допомогою згортки з моделлю цієї області. Класичне вейвлет перетворення, зазвичай використовується для класифікації або стиснення зображень. При фільтрації зображень, метод кореляції є незамінним. Класичне використання – кореляція відео потоку для знаходження зсувів або оптичних потоків. Найпростіший детектор зсуву – різницевий корелятор. Тобто, там де зображення не корелюють – присутній рух[2]. Серед фільтраційних методів, метод різницевої кореляції (між кадрової різниці) та метод бінаризації є найпростішими. Так як, задача заключається у розпізнаванні руху тому краще використовувати метод між кадрової різниці. Сам по собі цей метод потребує малих апаратних ресурсів тому дуже добре підійде для впровадження в рамках даного проекту. Алгоритм починає роботу одразу ж після початку роботи системи, пристрій зберігає перший кадр відео послідовності, потім задається інтервал через який потрібно вилучити кадр. Чим більший такий інтервал, тим вище чутливість системи до мало рухомих об'єктів. Звідси можна зробити висновок, якщо ми досліджуємо статичний об'єкт – інтервал повинен бути достатньо великим для виявлення його фізичних змін, якщо мета роботи системи – це виявлення руху, то інтервал встановлюємо 1-3 кадри. Алгоритм обчислення між кадрової різниці двох кадрів для випадку обробки кольорового відео в форматі RGB виглядає наступним чином:

- на вхід алгоритму надходять два відео кадри, що являють собою дві послідовності байт у форматі RGB.
- проводиться обчислення по піксельно між кадрових різниць. Для кожного пікселя обчислюється середнє значення між значеннями трьох компонент кольору.

- середнє значення порівнюється із заданим порогом. В результаті порівняння можна дізнатися про зміни між моментами кадрів. Поріг встановлюється для мінімізації похибки.

$$|P_{xy} - B_{xy}| > J, x = 0 \dots W, y = 0 \dots h \quad (1.1)$$

де w і h - ширина і висота зображення відповідно
Змінюючи параметр порога і параметри подальшої фільтрації, можна регулювати чутливість алгоритму.

1.2. Пошук аналогів

Серед існуючих відео систем оснований на FPGA є і авторські проекти і проекти великих компаній. Зокрема, існує система розпізнавання обличчя за авторством компанії NEC. Розробники системи для прискореного розпізнавання осіб - NeoFace Accelerator, встановили програмне забезпечення системи розпізнавання осіб NEC NeoFace на FPGA-контролери Intel Arria 10. Це дозволило істотно підвищити швидкість розпізнавання осіб у порівнянні з попередньою версією системи без втрат в точності розпізнавання. До складу архітектури NEC NeoFace Accelerator. Входять не тільки FPGA-контролери Intel Arria 10 а й більш доступні моделі контролерів Intel MAX 10, а також блоки живлення Intel Enpirion. [4]

Також існує багато авторських проектів. Ось декілька, з них. Метод реалізований апаратно у вигляді периферійного модуля системи на кристалі на базі програмованої логічної інтегральної схеми Altera Stratix 1S10. Модуль виконує пошук об'єкта відносно еталонного зображення шляхом суміщення зображень [5].

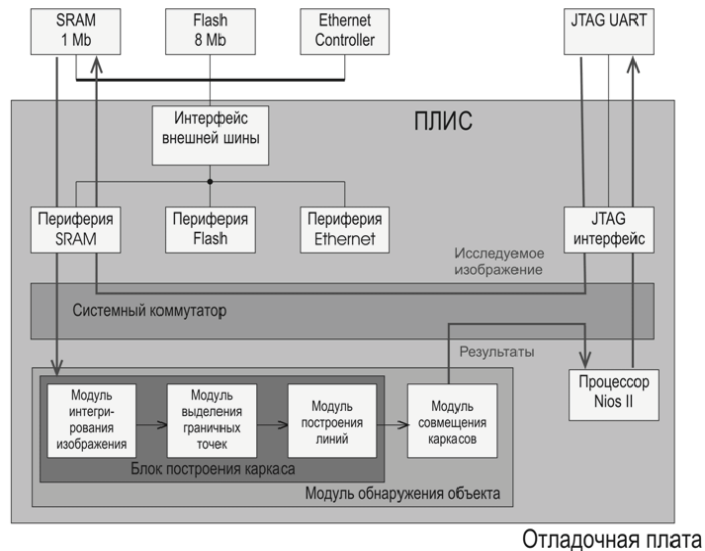


Рисунок 1.2.1. Структурная схема модуля

Обработка изображения в блоке построения контуру организована по потоковому принципу. Изображения передается на вход блока фрагментами по несколько пикселей, які обробляються на конвеєрі. Після передачі всіх фрагментів розраховується контур зображення.

Блок построения контуру включает модули интегрирования, выделения граничных точек и построения линий, каждый из которых реализует отдельный этап конвейера. Прискорення обчислень досягається трьох етапною конвеєрною обробкою і одночасним пересуванням пікселів по кільком паралельних каналам обробки. Модуль співставлення контурів містить матрицю детекторів збігу, яка прискорює підрахунок кількості співпадаючих ліній контурів. Розроблені модулі мають масштабовану архітектуру, тобто допускають нарощування кількості каналів паралельної обробки без істотних змін у внутрішній структурі модулів.

Висновок до розділу:

Пристрій, що проектується призначений для виконання функцій відео спостереження. Аналіз відео потоку проводитиметься з використанням методу між кадрової різниці . Тому, що він є доволі простим у використанні і не потребує великих апаратних ресурсів. Для отримання результату роботи алгоритму треба обрати інтервал вилучення кадрів. Переваги даного методу : виняткова простота реалізації; висока продуктивність. Недоліки цього методу: погіршення якості виявлення при зниженні контрастності об'єкта з фоном; низька якість виділеного зображення об'єкта; високі вимоги до стабільності фону. Нестабільності фону, які надають сильний вплив на результат обчислень:

- зміни заднього плану (наприклад, хмари або птахи);
- зміна освітлення, яке майже повністю змінює характеристики яскравості сцени;
- динамічний задній план.

Даний пристрій можна використовувати з метою виявлення зміни фізичних властивостей об'єкту спостереження. А саме, зміна форми ,кольору, місця перебування, втрата цілісності та ін. Також пристрій може використовуватися, як детектор руху при умові що інтервал між кадрами буде мінімальним.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Розділ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1.Розробка структурної схеми та принцип роботи пристрою

Згідно ТЗ система відео спостереження повинна складатися з :

- FPGA, на базі якої синтезуються SDRAM-контроллер, та VGA-контроллер;
- Блок динамічної пам'яті ;
- АЦП;
- ЦАП;
- Відео декодер

Та повинна задовольняти наступні параметри :

Габаритні розміри	30x20 см.
Маса	Не більше 200 г.
Живлення	9 В
Підтримка відео форматів	TSC-(J, M, 4.43), PAL-(B/D/G/H/I/M/N), SECAM
Інтерфейс виведення результату	CRT- монітор

Так , як від зовнішньої відеокамери надходить композитний (повний, тобто містить інформацію про яскравісну і колірну складові, а також синхронізуючі сигнали вертикальної та горизонтальної розгортки) аналоговий відеосигнал стандарту PAL з чергуванням рядків (тобто, один кадр зображення передається двома напівкадрами - з парними та непарними рядками). Для подальшої обробки, його потрібно перетворити на цифровий. АЦП потрібне для перетворення аналогового сигналу в цифровий сигнал . Формат вхідного відеосигналу повинен відповідати одному із : TSC-(J, M, 4.43), PAL-(B/D/G/H/I/M/N), SECAM. У числі продукції Analog Devices існує лінійка мультиформатних відео декодерів ADV7181. Візьмемо найдешевшого представника із цієї лінійки на даний момент . Це ADV7181B. Він відповідає усім параметрам .

В якості приймача відеосигналу який би міг виконати процес оцифровки сигналу та міг би працювати з одним із цих форматів обирається ADV7181B. ADV7181B є високоякісним відеодекодером, який автоматично виявляє і перетворює стандарти PAL, NTSC і SECAM у вигляді композитного, S-Video і компонентного відео в цифровий формат ITU-R BT.656.

Цей пристрій перетворює аналоговий відеосигнал в цифровий, представлений в колірному полі YCbCr 4: 2: 2, (яскравість - сигнал синього - сигнал червоного). Позначення «4: 2: 2» вказує на спосіб стиснення цифрового відеосигналу (подання інформації про яскравість і колір в відеосигналі). Метод кодування описується в вигляді відношення трьох частин, J: a: b (наприклад 4: 2: 2), які вказують на співвідношення кількості значень яскравості пікселя і кольоровості пікселя в просторовій області, яка дорівнює J пікселів в ширині 2 пікселя в висоту:

- J - ширина просторової області. Зазвичай дорівнює 4.
- a - кількість відліків кольоровості (Cr, Cb) в першому рядку з J пікселів.
- b - кількість додаткових відліків кольоровості (Cr, Cb) у другому рядку з J пікселів[6].

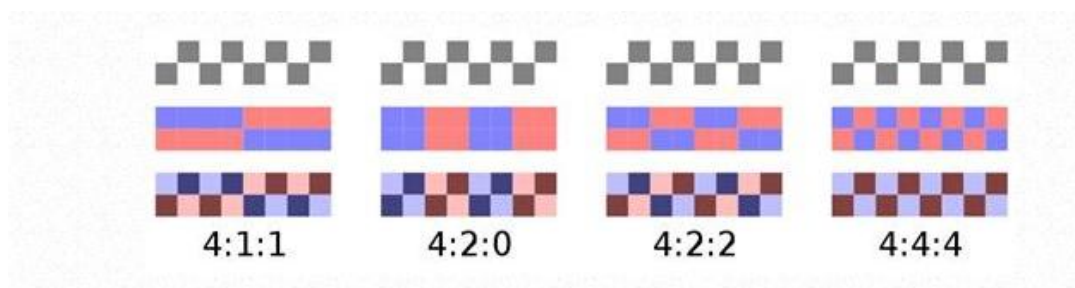


Рисунок 2.1.1 Приклади різних способів подання цифрового відеосигналу.

Аналоговий інтерфейс ADV7181B складається з трьох 9-розрядних АЦП, які оцифровують аналоговий відеосигнал перед його надходженням до процесора стандартної чіткості.

Аналоговий інтерфейс використовує диференціальні канали для кожного АЦП для забезпечення високої продуктивності в додатках зі змішаним сигналом. Зовнішній інтерфейс також включає 6-канальний вхідний мультиплексор, який дозволяє застосовувати кілька відеосигналів до ADV7181B. Обмежувачі величин напруги та струму (CLAMP) розташовані перед кожним АЦП, щоб гарантувати, що

відеосигнал залишається в межах діапазону перетворювача. АЦП налаштовані на роботу в режимі 4-кратної передискретизації [7].

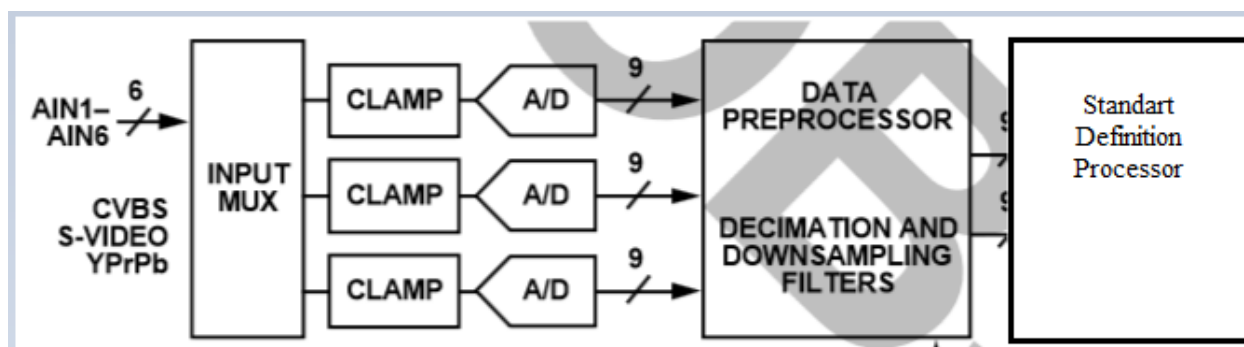


Рисунок 2.1.2 Аналоговий інтерфейс ADV7181B

Два основні кроки для налаштування ADV7181B для правильного декодування вхідного відео:

- Секція мультиплексування аналогового входу повинна бути налаштована для правильної маршрутизації відео з виходів аналогового входу на правильний набір АЦП.
- Блок процесора стандартної чіткості, який декодує цифрові дані, повинен бути налаштований для обробки CVBS, YC або YPrPb.

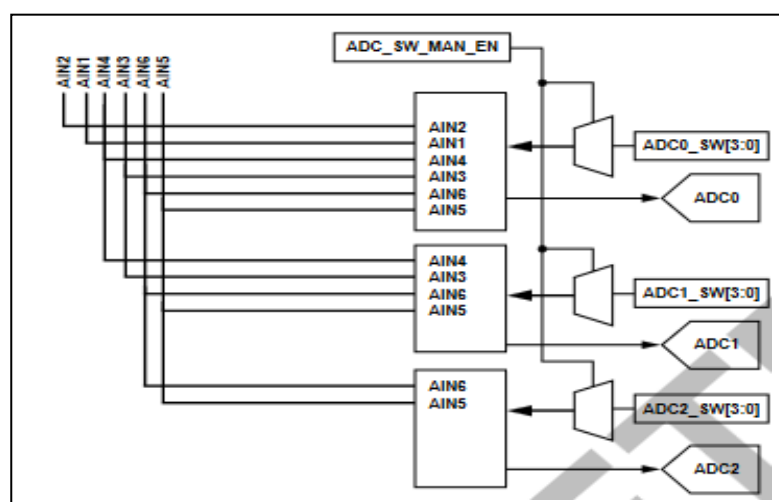


Рисунок 2.1.3. Вхідний інтерфейс ADV7181B

Налаштування ADV7181B здійснюється через 2-провідний (I2C-сумісний) послідовний інтерфейс. Два входи, послідовний вхід даних (SDA) і тактової частоти (SCLK), передають інформацію між ADV7181B і системним головним контролером I2C. Порт I2C ADV7181B дозволяє користувачеві налаштовувати і конфігурувати

декодер та зчитувати захоплені дані VBI. Телевізор і більшість моніторів використовують метод трихроматичного синтезу RGB для відображення кольору.

Трихроматичний RGB дуже інтуїтивно зрозумілий, однак, оскільки він не сумісний з чорно-білими зображеннями, займає занадто велику полосу пропускання і володіє низькою завадостійкістю, трихроматичний RGB не застосовується для передачі зображення. Тому перетворення кольорового простору незамінне при обробці відео. Декодер ADV7181B виводить сигнал YCbCr, тому перетворення кольорового простору необхідно. Перетворення між YCbCr і RGB використовує наступні формули:

$$R = Y + 1.402 * (Cr - 128) \quad (2.1)$$

$$G = Y - 0.714(Cr - 128) - 0.344(Cb - 128) \quad (2.2)$$

$$B = Y + 1.772(Cb - 128) \quad (2.3)$$

Частота надходження даних з камери і частота виходу даних на монітор відрізняється, що виключає можливість прямого підключення. Вихід з цієї ситуації - використання кадрового буфера. Для зберігання одного кадра потрібно більше пам'яті ніж визначено у Cyclone II. Тому, потрібно використовувати зовнішній чип пам'яті. У якості зовнішнього кадрового буфера можна використати чип SDRAM або SRAM пам'яті. Різниця полягає в тому що SDRAM має більший розмір, але швидкість обробки даних менша ніж у SRAM. В свою чергу SRAM швидше обробляє інформацію але вона менша за розміром. Так, як буде обробка вхідної інформації відбуватиметься не постійно швидкість обробки даних нам не важлива. А розмір грає навпаки вагомую роль. Тому будемо використовувати в якості кадрового буфера зовнішній чип пам'яті SDRAM, розміром 64 - мегабайти (1 Мб x 16 біти x 4 банка). SDRAM, яка використовуватиметься для зберігання кадрів – це чотирьох банкова DRAM, яка працює при напрузі 3.3 В і включає в себе синхронний інтерфейс (усі сигнали реєструються по передньому фронту сигналу CLK). Кожен із банків організований у вигляді матриці розміром 256 стовпців, у кожному стовпці 4096 строк, розмірністю по 16 біт кожна. Доступ для зчитування і запису в SDRAM орієнтований на пакетну обробку. Доступ починається з реєстрації команди ACTIVE, за якою слідує команда READ або WRITE. Адресні біти, зареєстровані разом

з командою ACTIVE, використовуються для вибору банку і рядка для доступу (BA0 і BA1 вибирають банк, A0-A11 вибирають рядок).

Біти адреси (A0-A7), зареєстровані одночасно з командою READ або WRITE, використовуються для вибору місця розташування початкового стовпця для доступу до пакетної інформації [8].

Візуалізація результату обробки проводитиметься з використанням VGA інтерфейсу. VGA - це стандартний інтерфейс для управління аналоговими моніторами. Обчислювальна сторона інтерфейсу забезпечує монітор горизонтальними і вертикальними синхросигналами та величинами кольорів. Горизонтальні та вертикальні сигнали синхронізації є цифровими формами сигналів 0В / 5В, які виконують синхронізацію сигналу з монітором. Будучи цифровими, вони забезпечуються безпосередньо FPGA (3.3В відповідає мінімальному порогу для логічного максимуму, тому 3.3В можна використовувати замість 5В).

Інтерфейс VGA визначає чотири провідники, які можна використовувати для зв'язку з ПЗУ в моніторі. ПЗУ містить EDID (розширені ідентифікаційні дані дисплея), який складається з параметрів монітора в стандартному форматі. Існує декілька стандартів зв'язку для доступу до цих даних, але в найпростішому випадку ці лінії можуть залишатися незв'язаними.[8]. Для візуалізації результату віднімання потрібен відео ЦАП. У числі продукції Analog Devices існує популярна лінійка відео ЦАП-ів ADV7123. Різниця між продуктами цієї лінійки лише у тактовій частоті та числі контактів вводу/виводу. Для наших цілей високих показників не потрібно. Тому оберемо продукт з середнім показником тактової частоти, а саме 240 МГц та 140 контактів вводу/виводу. ADV7123 містить три 10-бітових ЦАП, з трьома вхідними каналами, кожен з яких містить 10-бітовий регістр. Є 30 - біт піксельних даних (інформація про колір), R0 - R9, G0 - G9 і B0 - B9, зафіксованих у пристрої на передньому фронті кожного тактового циклу. Ці дані подаються до трьох 10-бітових ЦАП, а потім перетворюються в три аналогові (RGB) вихідні сигнали.

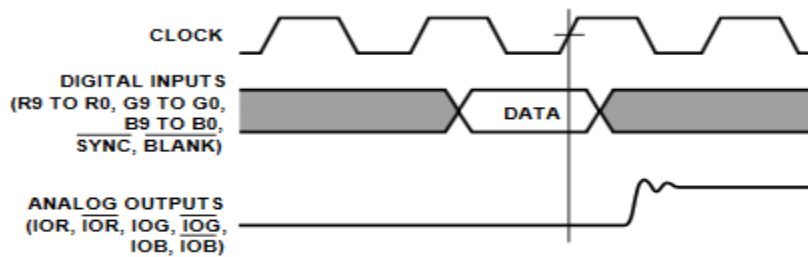


Рисунок 2.1.4. Вхідні та вихідні дані.

Відповідно до описаних етапів обробки даних можна побудувати структурну схему, яка виглядає наступним чином:

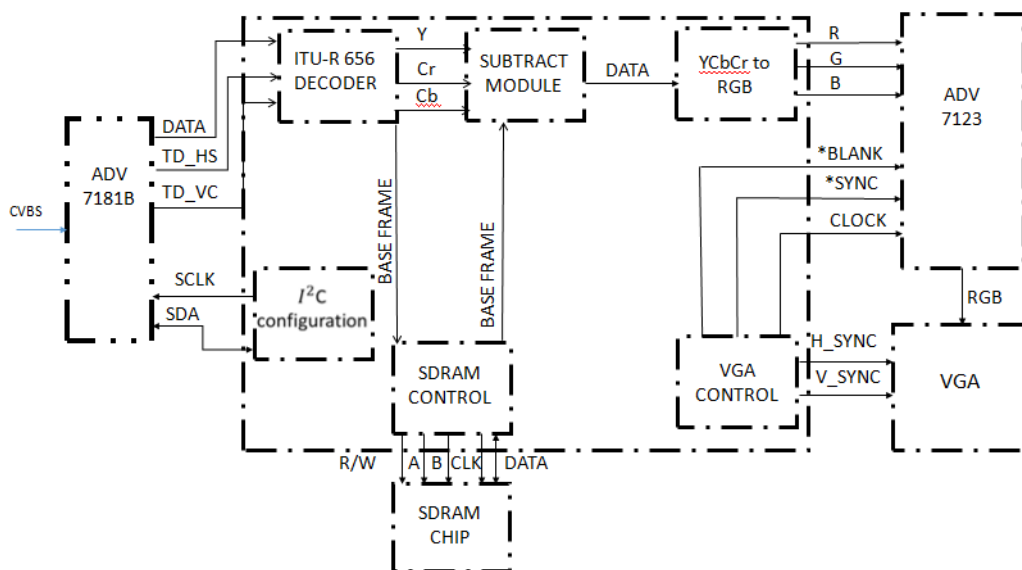


Рисунок 2.1.5 Схема структурна

2.2 Розробка схеми електричної принципової та підбір елементної бази для неї

Основним компонентом блока є FPGA фірми Altera . Для повноцінного вирішення задачі обробки вхідного відеосигналу вирішено обрати мікросхему EP2C35F672C6 . Це пристрій сімейства Cyclone II, який може містити синтезоване процесорне ядро. На даний момент сімейство Cyclone II вже знято з виробництва, а більш потужніші сімейства ставити немає сенсу, адже прогнозується використання дуже малої частини логічних елементів ПЛІС. Сама мікросхема виготовлена у BGA корпусі, має 672 контакти, з яких універсальних контактів вводу – виводу , доступних користувачу, 475. Банки ПЛІС, які використовуватимуться живляться напругами 3,3 В та 1,8 В. Усі сигнали до ПЛІС, окрім тактуючих, подаються на

стандартні контакти вводу/виводу мікросхеми. На усі контакти живлення ставиться якомога ближче до корпусу конденсатор 0,1 мкФ, який підтягнутий до землі. Це робиться для попередження імпульсів та шумів в ланцюгах живлення. Коли конденсатор ставиться біля контакту живлення будь-якої мікросхеми, то шлях провідника між контактом мікросхеми та конденсатором має свою паразитну індуктивність та опір, може створитись фільтр, який при високих частотах негативно впливає на роботу мікросхеми. В деяких випадках запобіжні конденсатори необхідно ставити на сам контакт мікросхеми. Це рекомендовано самими виробниками.

У випадку з FPGA, Altera має рекомендаційні поради для правильного розташування компонентів на платі. Але для даного пристрою такі вимоги не критичні, тому конденсатори розташовано лише близько до контактів FPGA. Надалі біля всіх контактів живлення та землі, керуючих контактів також будуть розташовуватися запобіжні конденсатори. Для конфігурації EP2C35F672C6 вирішено застосувати PL-USB-BLASTER-RCN Intel / Altera. Щоб подати напругу на банки FPGA потрібно виконати перетворення напруги у меншу величину, бо на пристрій поступає напруга живлення номіналом 9 В від зовнішнього джерела живлення. Внутрішні компоненти системи спостереження споживають напругу номіналами 1.8 В, 3.3 В, 5 В. Тому необхідно перетворити вхідну напругу. Потрібно розробити функціональні вузли для перетворення напруги. Для перетворення напруги з 9 В у 5 В обирається мікросхема 78D05AL[10], у якої вихідне значення напруги фіксоване і становить 5 В. Напруга 5 вольт потрібна для живлення ЦАП, який обробляє отримані дані з FPGA та відсилає на монітор. Біля контактів живлення мікросхеми слід встановити обмежувальні конденсатори.

Для перетворення напруги з 9 В у 3.3 В обирається мікросхема LM2676[11], у якої вихідне значення напруги фіксоване і становить 3.3 В. Згідно технічної документації на неї, вона встановлюється разом з обмежувальними діодами, які підключені до землі. Вони пропускають через себе струм, який протікає через котушку коли живлення вимкнене. Рекомендується використовувати діоди Шотки. Коли живлення подається діоди зворотно зміщені відносно вхідної напруги. Також потрібно встановити обмежувальний конденсатор на вході. Конденсатори на виході згладжують пульсації вихідної напруги та виконують накопичення енергії. Котушка на виході

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

The circuit diagram shows a 12V battery (XP1) connected to a MOSFET driver stage. The MOSFET driver stage consists of a MOSFET (DA1), a gate driver (DA2), and a MOSFET (DA3). The MOSFET (DA1) is connected to the 12V battery and the MOSFET (DA3). The gate driver (DA2) is connected to the MOSFET (DA1) and the MOSFET (DA3). The MOSFET (DA3) is connected to the 12V LED strip light (HL). The circuit is powered by a 12V battery (XP1) and a 12V LED strip light (HL).

Під час виведення результату на монітор слід зважати, що кольорні величини є аналоговими сигналами 0В-0.7В, що передаються по провідниках R, G і B. (В якості альтернативи, зелений кабель може використовувати сигнали 0.3В-1В, які включають як горизонтальні, так і вертикальні сигнали синхронізації, що виключає необхідність цих ліній.

Це зветься синхронізацією по зеленому.) Провідники R, G , B закінчуються 75Ω резисторами. Ці лінії також закінчуються 75Ω всередині монітора. Для створення цих аналогових сигналів FPGA виводить 10-бітну шину для кожного кольору у відео ЦАП. ADV7123 має три аналогові виходи, що відповідають червоним, зеленим і синім відеосигналам. Червоний, зелений і синій аналогові виходи ADV7123 є джерелами струму високого імпедансу.

Кожен з цих трьох виходів здатний безпосередньо керувати навантаженням $37,5\ \Omega$, наприклад коаксіальним кабелем з $75\ \Omega$ опором. На рисунку 2.1.5 показана необхідна конфігурація для кожного з трьох виходів RGB, з'єднаних з подвійним навантаження $75\ \Omega$. Запропонований спосіб передачі відеосигналів RS-170 в $75\ \Omega$ монітор показаний на рисунку 2.1.6. Рівні вихідного струму ЦАП залишаються незмінними, але кінцевий опір, Z_S , на кожному з трьох ЦАП збільшується з 75 до $150\ \Omega$. [13].

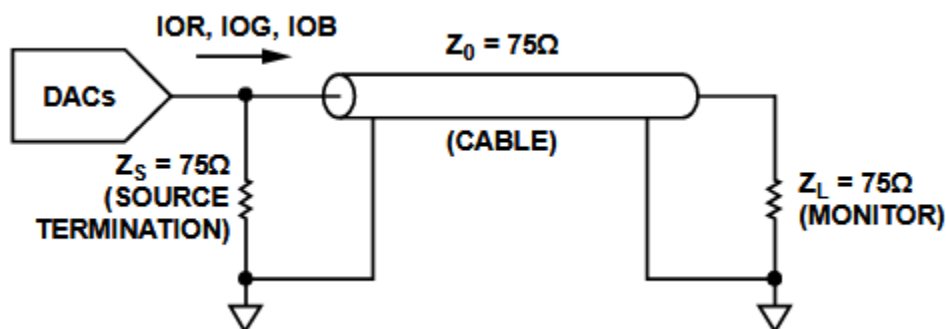


Рисунок 2.2.2. Аналоговий вихід для RS-343A

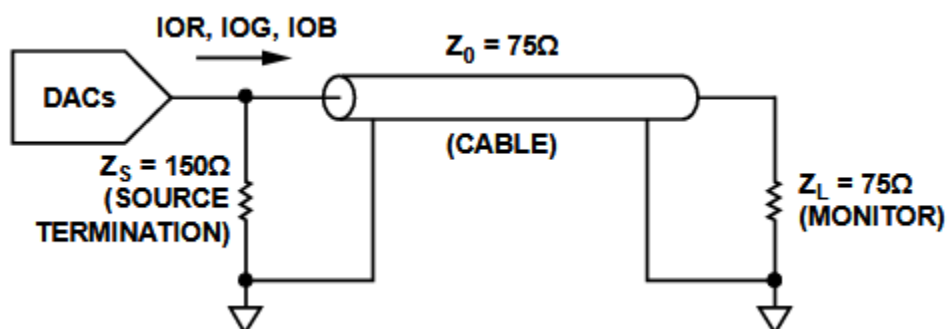


Рисунок 2.2.3. Аналоговий вихід для RS-170

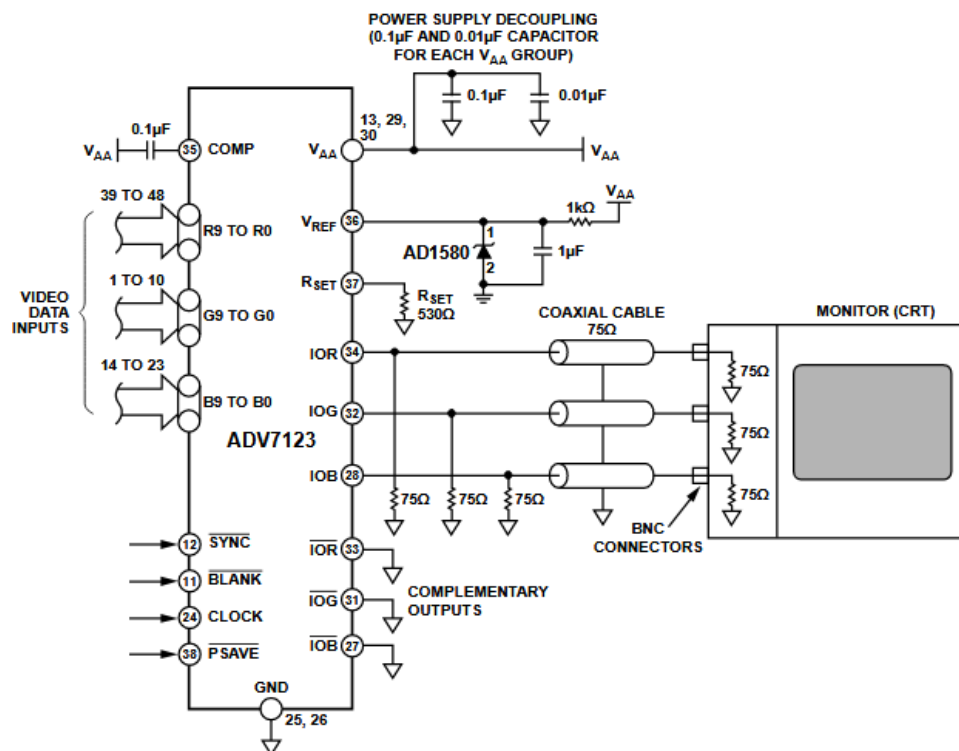


Рисунок 2.2.4. Приклад стандартного підключення

Висновок до розділу:

На основі поставленого технічного завдання була розроблена структурна схема пристрою. Схема містить в собі усі структурні зв'язки блока керування пристроєм. Щоб реалізувати даний метод, була обрана спеціальна елементна база. Відносно структурної схеми була розроблена схема електрична принципова. При проектуванні схеми електричної принципової окремі каскади будувалися згідно рекомендацій у технічній документації до мікросхем для найбільш коректної роботи. В каскадах, не було потреби виконувати розрахунки, тому що номінали усіх компонентів які потрібно встановити з ключовими елементами пристрою було вказано в технічній документації до них. Було детально розібрано принцип функціонування кожного функціонального блоку системи та вказано їх функції.

Розділ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

1.1. Вибір класу точності

ГОСТ 23571-86 передбачає п'ять класів точності [14]. Вибір класу точності завжди пов'язаний з конкретним виробництвом. При конструкторсько-технологічному розрахунку необхідно використовувати граничні значення елементів друкованого монтажу з урахуванням похибки їх виконання. Необхідні граничні значення елементів друкованого монтажу і допустимі похибки наведені в таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1. Граничні значення основних параметрів ПМ

Параметер	Позначення	Клас точності			
		2	3	4	5
Ширина друкованого провідника, мм	$b_{\text{пр}^f}$	0,45	0,25	0,15	0,10
Відстань між елементами друкованого монтажу, мм	l^f	0,45	0,25	0,15	0,10
Гарантований пояс, мм	$b_{\text{по}}$	0,20	0,10	0,05	0,03
Відношення номінального діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати, мм	$K_{\text{дт}}$	0,40	0,33	0,25	0,20

Таблиця 3.2. Допустимі похибки виконання елементів ПМ

Похибка	Обозначення	Максимальне значення, мм
Зміщення провідників відносно ліній КО	$\delta_{\text{сп}}$	0,05
Розташування отворів (всіх) відносно вузлу КО	$\delta_{\text{о}}$	0,07
Розташування КМ відносно вузлу КО	$\delta_{\text{км}}$	0.015(0.05)
Фотокопії та фотошаблону	$\delta_{\text{фф}}$	0,06
Розташування КМ відносно вузлу КО на фотошаблоні	$\delta_{\text{фш}}$	0,05

Виготовлення ДП п'ятого класу точності вимагає застосування унікального високоточного обладнання, спеціальних (як правило, дорогих) матеріалів і навіть створення у виробничих приміщеннях «чистої зони». Таким вимогам відповідає не кожне виробництво.

Однак, ДП невеликого розміру можуть виконуватися по п'ятому класу на обладнанні, що забезпечує виробництво плат четвертого класу.

ДП четвертого класу випускаються на високоточному обладнанні, але вимога до матеріалів, обладнання і виробничих приміщень нижче, ніж для п'ятого класу.

ДП третього класу - найбільш поширені, оскільки, з одного боку, забезпечують досить високу щільність трасування і монтажу, а з іншого - для їх виробництва достатньо звичайного спеціалізованого обладнання.

Випуск ДП другого і третього класів здійснюється на звичайному не спеціалізованому обладнанні. Такі ДП, з невисокими конструктивними параметрами, призначені для недорогих пристроїв з малою щільністю монтажу. Зважаючи на те що використовується мікросхема в BGA корпусі потрібно розглянути вірогідність проведення між її контактами провідників для зменшення довжини з'єднань. Це дозволяється при виготовленні ДП за 4 або 5 класом точності. Відстань між центрами контактів становить 1мм, величина самого контакту становить 0.6 мм. Тобто для проведення провідника залишається 0.4 мм. Мінімальний зазор між контактом і провідником повинен бути 0.15 мм. Тоді ширина провідника повинна бути 0.1 мм, що відповідає 5 класу точності.

3.2. Тип друкованої плати

Друкована плата— пластина, виконана з діелектрика (склотекстоліт, текстоліт, гетинакс, ситал тощо), на якій або всередині якої сформований хоча б один шар з провідними доріжками. На друковану плату монтуються електронні компоненти, які з'єднуються своїми виводами з елементами провідного рисунка паянням, у результаті чого складається електронний модуль — змонтована друкована плата.

Друковані плати за конструкцією поділяються на такі класи:

- односторонні (одношарові) – ОДП;

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- двосторонні (двошарові) – ДДП;
- багатошарові - БДП.

Односторонні друковані плати використовують виключно для одностороннього монтажу елементів в гладкі (неметалізовані) отвори. Установка елементів на поверхню практикується зазвичай в аматорських або макетних конструкціях. Весь електричний монтаж здійснюється на одному шарі.

Відомо два різновиди двосторонніх ДП (ДДП): без металізації і з металізацією наскрізних отворів. Плати без металізації по більшості параметрів відповідають одностороннім платам. Проте за наявності ще одного шару підвищується трасувальна здатність ДП і щільність компонування елементів. Плати з металізацією перехідних отворів мають високу трасувальну здатність, забезпечують високу щільність монтажу елементів і хорошу механічну міцність їх кріплення. Технологічний процес виготовлення двосторонніх плат, також як односторонніх, є частиною більш загального процесу виготовлення багатошарових ДП. Однак для двосторонніх плат не потрібно застосовувати пресування шарів, значно простіше виконується очищення отворів після свердління. БДП складаються із спресованих шарів, ізолюваних один від одного ізоляційною основою. Вони діляться на дві групи: з сполуками між шарами плати, коли з'єднання шарів здійснюється об'ємними деталями (штирями, заклепками, перекриттями та інші) або за допомогою хіміко-гальванічної металізації (без з'єднань між шарами друкованої плати). На платі можуть бути наскрізні і перехідні отвори, що забезпечують електричний зв'язок між шарами. Також вони включають додаткові екранні шари (земля і живлення), а також кілька сигнальних шарів.

Схема не має велику складність. Щоб не було більших затрат на виробництво, усю конструкцію достатньо розмістити на ДДП.

Правильний вибір матеріалів, технологічних процесів і елементної бази при розробці сучасних друкованих вузлів багато в чому визначає рівень працездатності і надійність електронного пристрою в цілому при раціональних економічних витратах у виробництві.

При виробництві ДП застосовуються вітчизняні та імпорتنі матеріали різних виробників. Матеріали, що застосовуються в якості основи для ДП повинні мати:

- високі електроізоляційні властивості;
- достатню механічну міцність;
- бути стійкими до кліматичних впливів.

Цим вимогам задовольняють такі електротехнічні матеріали як склотекстоліт, кераміка, фторопластова плівка, сапфір та інші.

Оскільки обрано 5-й клас точності, то необхідно вибрати FR-4 або FR-5. Ці матеріали є між собою подібні, різниця тільки в температурі склування, Тобто FR-5 може використовуватися при більших температурах. Температура склування — температура, нижче якої аморфні речовини втрачають пластичність і стають крихкими. У FR-4 це 120-130°C, а у FR-5 140 - 170°C. В рамках даного проекту робота при високих температурах не передбачається, тому прийнято рішення використовувати FR-4. Він є найбільш поширеним матеріалом для виробництва ДДП і БДП. Стандартний FR-4 має товщину 1,5 мм і складається з 8 шарів склотекстоліту. Застосування FR-4 дозволяє отримати отвори високої якості, а це важливо для монтажу елементів в отвори. Таким чином, для реалізації ДДП обрано сучасний, з високими параметрами матеріал FR4-2-35-1,5. Даний матеріал є фольгованим склотекстолітом з підвищеною нагрівостійкістю,

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

товщиною 1,5 мм, покритий з двох сторін мідною електролітичною фольгою товщиною 35 мкм.

3.3.Вибір методу виготовлення

Існує кілька методів виготовлення друкованих плат: хімічний (субстрактивний), електрохімічний (адитивний), комбінований позитивний метод, напів адитивний метод з диференціальним травленням. Для виготовлення друкованого вузла обраний комбінований позитивний метод. Комбіновані методи засновані на виготовленні ДП з фольгованих матеріалів. Провідники отримують хімічним методом, а металізацію отворів - хімічним або електрохімічним осадженням. Сутність комбінованих методів полягає в отриманні друкованих провідників шляхом травлення фольгованого діелектрика і металізації отворів електрохімічним способом. У позитивному методі травлення рисунку відбувається після металізації отворів, а для з'єднання металізованих отворів використовується ще не витравлена фольга, спочатку присутня на поверхні заготовки. Експонування рисунку схеми проводиться з фото позитиву. Після експонування проводиться свердління і металізація отворів. Потім рисунок схеми і металевий шар в отворах захищаються шаром гальванічного срібла або іншого металу, стійкого до рідини для травлення міді, після чого проводиться травлення незахищеної міді.

Переваги перед іншими методами:

- Можливість відтворення всіх типів друкованих елементів з високим ступенем дозволу;
- Захищеність фольгою ізоляції від технологічних розчинів - хороша надійність ізоляції;
- Хороша міцність зчеплення (адгезія) металевих елементів плати з діелектричною підставкою.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3.4.Формування монтажного простору

При вирішенні задачі розміщення КЕ завжди дана схема електрична принципова, яка описана матрицею зв'язків А, та дано дискретний монтажний простір, який описується матрицею відстаней D. Потрібно на кожне посадкове місце розмістити КЕ, щоб функція якості розміщення була оптимальна. В якості критеріїв оптимальності використовується ряд критеріїв: мінімум сумарної довжини всіх з'єднань, тобто довжини усіх провідників повинні бути мінімальними. Ці провідники займають малу область монтажного простору та створюють сприятливі умови для трасування різних варіантів провідників;

- мінімізація кількості найдовших з'єднань;
- максимально близьке розміщення КЕ, які мають найбільше число зв'язків між собою.
- максимальне число провідників простої конфігурації і т.д.

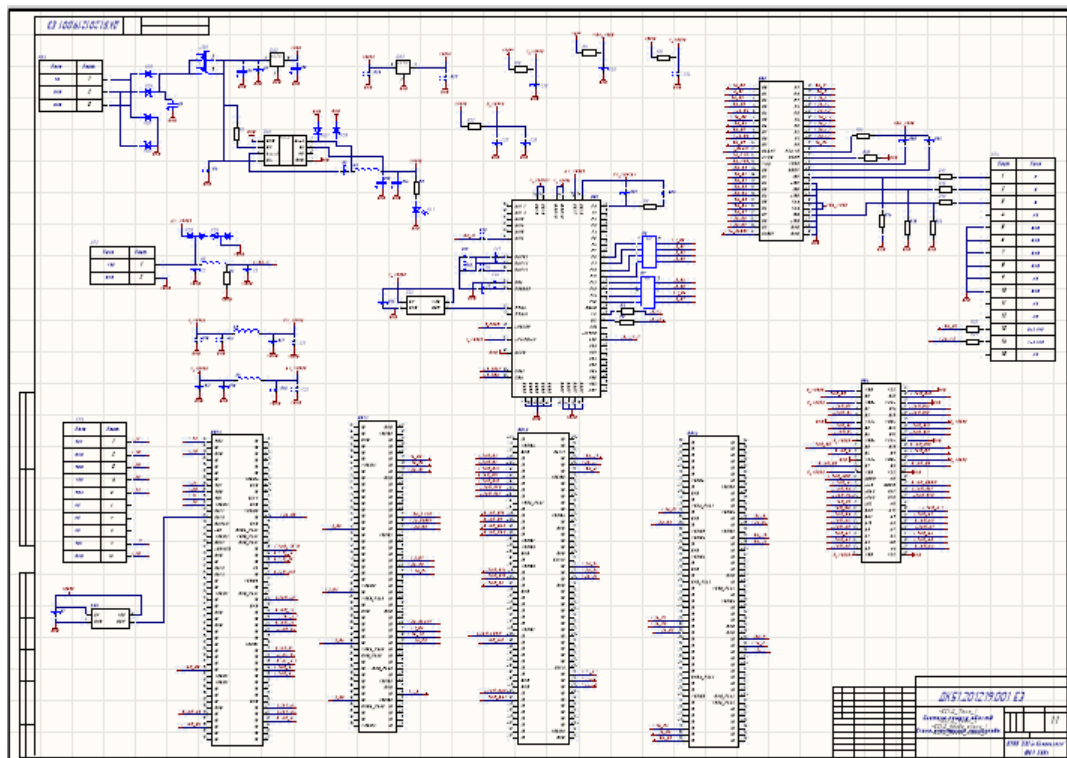


Рисунок 3.4.1.Схема електрична принципова

Розміщення інших елементів виконаємо **послідовним алгоритмом**.

Послідовний алгоритм представляє собою покроковий процес розташування. На кожному кроці вибирається елемент, що має максимальну зв'язність з вже розташованими елементами та розташовується в одну оптимальну вільну позицію при незмінному положенні раніше розміщених елементів. Критерій оптимізації: *мінімальна сумарна довжина зв'язків між розміщеними елементами*.

Від результатів розташування елементів залежать такі параметри друкованого вузла:

- габарити
- вага
- надійність
- завадостійкість

Тому при установці елементів на ДП слід враховувати наслідки вибору варіантів їх розташування.

Вибір кроку розташування ІС на ДП визначається температурним режимом, складністю принципової схеми, параметрами корпусу. При цьому зазор між корпусами не повинен бути меншим 1 мм.

ІС на ДП розташовуються лінійно-багаторядно. Допускається розташування

ІС у шаховому порядку. Таке розташування дозволяє ефективно використовувати корисну площу ДП. Корпуси штирьових ІС рекомендується встановлювати з однієї сторони плати. З двох сторін плати дозволяється встановлювати ІС в корпусах з планарними виводами.

Найбільше число зв'язків з іншими елементами має мікросхема FPGA, тому формуватися монтажний простір буде навколо неї, розмістимо її в центрі ДП.

Компоненти які передають інформацію до неї, розташовуємо ліворуч, а компоненти які приймають оброблену інформацію з FPGA праворуч.

Роз'єми розташовуємо по краям ДП.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Мікросхеми для перетворення живлення розташувались близько до роз'єму живлення 9 В. Усі інші компоненти розташовувались на вільних місцях ДП. Усі конденсатори та резистори було розташовано якомога ближче до контактів мікросхем. Уся розводка ДП виконувалась повністю вручну, з урахуванням всіх вище сказаних умов, без застосування автоматичної розводки у САПР. [12]

3.5 Використання Altium Designer при проектуванні

Altium Designer - комплексна система автоматизованого проектування (САПР) електронних модулів на базі друкованих плат, яка дозволяє виконувати повний спектр проектних завдань, від концепції функціонування

до випуску повного комплексу конструкторських і виробничих даних для випуску готової продукції електронних модулів. Програма AD надає великі можливості для розробки електронних пристроїв. Під час написання дипломного проекту були розглянуті такі можливості програми:

- самостійне створення бібліотеки компонентів (додавання УГП і посадкового місця);
- створення принципової електричної схеми;
- трасування друкованої плати (ручне або автотрасування).

PCB Project – це набір документів, необхідний для виготовлення друкованої плати, данні котрої призначені для рішення однієї конструктивно-закінченої задачі. Документи представляють собою файли різних типів, котрі можуть додаватися в проект. Редагування документів виконується редактором, причому назва редактора співпадає з типом документу.

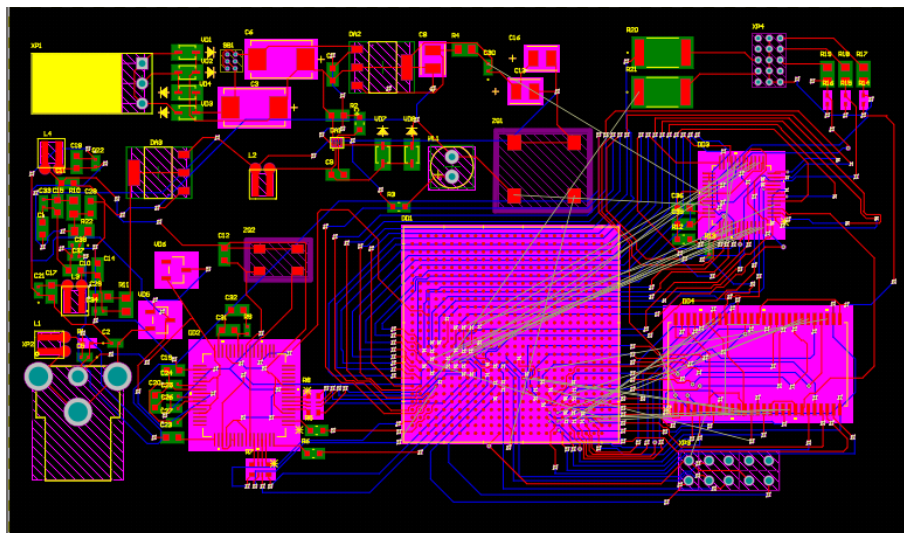


Рисунок 3.2.Розміщення елементів на ДП

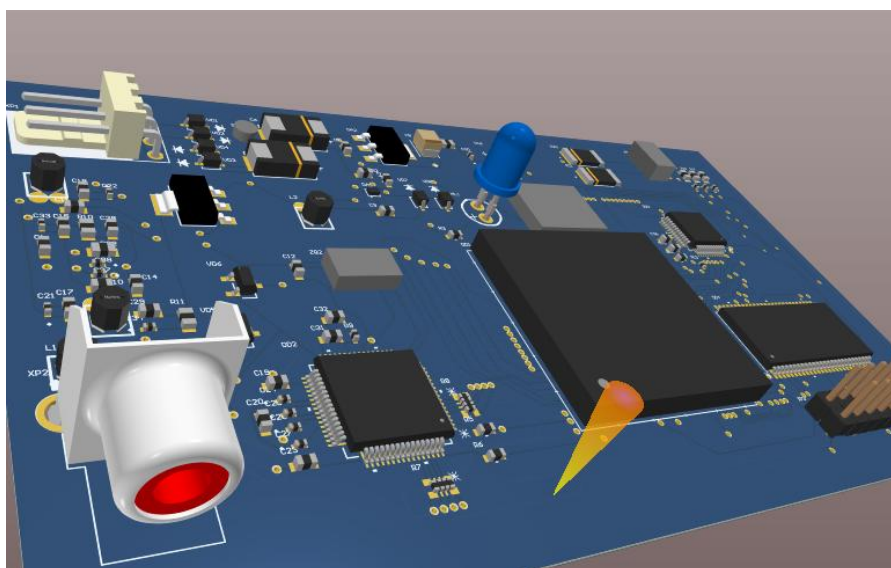


Рисунок 3.4.Розміщення елементів на ДП В 3Д

Висновок до розділу:

В даному розділі, обиралися особливості конструювання ДП та формування монтажного простору, на ній. Було обрано 5 клас точності, для виробництва ДП. Обрано двошарову друковану плату з металізацією наскрізних отворів. Плата буде виготовлятися комбінованим позитивним методом . Матеріалом для друкованої плати обрано FR-4. Розміщення конструктивних елементів буде виконуватися послідовно. Основна ціль розміщення - мінімізація довжини зв'язків між розміщеними елементами. Пройдено такі етапи проектування друкованої плати: створення бібліотеки компонентів, з використанням цієї бібліотеки побудова схеми електричної принципової та на основі схеми формування монтажного простору. Усі етапи проектування виконано за допомогою системи проектування друкованих плат Altium Designer.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Розділ 4. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ КОНСТРУКТОРСЬКОГО РІШЕННЯ

4.1 Виконання конструкторсько-технологічного розрахунку елементів ДМ

4.1.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі.

Мінімальна ширина друкованого провідника по постійному струму $b_{\min I}$ (мм) для ланцюгів живлення та «землі» визначається виразом 4.1:

$$b_{\min I} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}}, \quad (4.1)$$

де I_{\max} – максимально можливий струм в ланцюгу, А

$j_{\text{доп}}$ – допустима щільність струму для ДП, яка виготовлена

комбінованим позитивним методом, $j_{\text{доп}} = 48 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ (за ОСТ 4.010.022–85)

$t_{\text{пров}}$ – товщина друкованого провідника, яка визначається виразом (4.2)

Друкований провідник виготовлюється комбінованим позитивним методом. Згідно методу виготовлення:

$$t_{\text{пров}} = h_{\text{ф}} + h_{\text{ГМ}} + h_{\text{ХМ}} \quad (4.2)$$

де $h_{\text{ф}}$ – товщина фольги, $h_{\text{ф}} = 0,035$ мм

$h_{\text{ГМ}}$ – товщина шара гальванічно осадженої міді, $h_{\text{ГМ}} = 0,055$ мм

$h_{\text{ХМ}}$ – товщина шара хімічно осадженої міді, $h_{\text{ХМ}} = 0,0065$ мм

$$t_{\text{пров}} = 0,035 + 0,055 + 0,0065 = 0,0965 \text{ мм}$$

Параметр I_{\max} в формулі (4.1) визначається як сума струмів, які споживають усі активні елементи схеми. Значення струмів, які споживають активні елементи схеми, наведені у Таблиці 4.1.

У результаті:

$$I_{\max} = 10 + 67 + 80 + 6 + 8 + 13 = 184 \text{ (мА)}$$

Тоді мінімальна ширина друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та «землі» визначається наступним чином:

					ДК51.201219.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$b_{\min I} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}} = \frac{0,184}{48 \cdot 0,0965} = 0,03 \text{ (мм)}$$

Таблиця 4.1 - Струми, які споживають елементи схеми.

IC	Кількість IC	I _{спож} , мА
EP2C35F672C8N	1	10
ADV7123KSTZ140	1	67
ADV7181CBSTZ	1	80
LM2676	1	6
78D05AL	1	8
AME1117	1	13

Отримане значення мінімальної ширини провідника $b_{\min I} = 0,03$ мм входить в значення обраного класу точності ($b_{\text{пр}}^r = 0,1$ мм). Таким чином, оптимальна ширина провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та «землі» дорівнює розрахованому значенню.

4.1.2. Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому.

Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, визначається (4.3):

$$b_{\min U} = \frac{\rho \cdot I_{\max} \cdot L_{\text{пров}}}{U_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}}, \quad (4.3)$$

де ρ – питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним методом, $\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

$L_{\text{пров}}$ – довжина найдовшого друкованого провідника ДП, GND, $L_{\text{пров}} = 479$ мм.

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги на друкованому провіднику,

$$U_{\text{доп}} = 0,05 \times E_{\text{п}},$$

$$U_{\text{доп}} = 0,05 \times 5 = 0,25 \text{ В}$$

$$L_{\text{пров}} = 0,479 \text{ м}$$

$$b_{\min u} = \frac{p \cdot I_{\max} \cdot L_{\text{пров}}}{U_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}} = \frac{0,0175 \cdot 0,184 \cdot 0,479}{0,0965 \cdot 0,25} = 0,06 \text{ (мм)}$$

4.1.3. Визначення номінального діаметру монтажного отвору.

$$d \geq d_{\text{ве}} + \Delta d_{\text{мо}} + r, \quad (4.4)$$

Де $d_{\text{ве}}$ – діаметр виводу елементів, для якого визначається діаметр монтажного отвору,

Δd – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру МО, $\Delta d_{\text{мо}} = 0,025 \text{ мм}$

r – різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елемента, $r = 0,1 \dots 0,2 \text{ мм}$

$$d \geq d_{\text{вз}} + \Delta d_{\text{мо}} + r = 0,5 + 0,025 + 0,2 = 0,725 \text{ (мм)}$$

4.1.4. Визначення діаметра контактної площини.

$$D_{\min} = D_{\min 1} + 1,5 \cdot h_{\text{ф}} + 0,03, \quad (4.5)$$

де $D_{\min 1}$ – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм,

$h_{\text{ф}}$ – товщина фольги, $h_{\text{ф}} = 0,035 \text{ мм}$. Коефіцієнт $1,5h_{\text{ф}}$ враховує підтравлювання фольги друкованого провідника у ширину, $0,03$ – КМ виготовляють комбінованим позитивним методом.

$$D_{\min I} = 2 \cdot (b_{\text{по}} + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_o + \delta_{\text{км}}), \quad (4.6)$$

де d_{\max} – максимальний діаметр отвору в ДП, мм,

$b_{\text{по}}$ - ширина пояска КМ, $b_{\text{по}} = 0,03 \text{ мм}$ (Таблиця 3.1),

δ_o - похибка розташування центру отвору відносно вузла КС, $\delta_o = 0,07 \text{ мм}$
 $\delta_{\text{км}}$ - похибка розташування центру КМ відносно вузла КС, $\delta_{\text{км}} = 0,05$

Максимальний діаметр отвору ДП:

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) \quad (4.7)$$

					ДК51.201219.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

де d – номінальний діаметр МО, мм,

Δd – допуск на діаметр отвору, $\Delta d = 0,025$ мм

$$d_{\max} = d + \Delta d + (0,1 \dots 0,15) = 0,6 + 0,025 + 0,1 = 0,725 \text{ (мм)}$$

$$\begin{aligned} D_{\min I} &= 2 \cdot \left(b_{\text{по}} + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_o + \delta_{\text{км}} \right) \\ &= 2 \cdot \left(0,03 + \frac{0,725}{2} + 0,07 + 0,05 \right) = 1,025 \text{ (мм)} \end{aligned}$$

$$D_{\min} = D_{\min 1} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 = 1,025 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,1 \text{ мм}$$

Максимальний діаметр КМ:

$$D_{\max} = D_{\min} + 0,02 \text{ (мм)} \quad (4.8)$$

$$D_{\max} = 1,1 + 0,02 = 1,12 \text{ (мм)}$$

4.1.5. Визначення максимальної ширини провідника.

$$b_{\max} = b_{\text{пр}}^{\Gamma} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03, \quad (4.9)$$

де $b_{\text{пр}}^{\Gamma}$ – мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності (Таблиця 3.1). Для 5-го класу точності ДМ

$$b_{\text{пр}}^{\Gamma} = 0,1 \text{ мм}$$

$$b_{\max} = b_{\text{пр}}^{\Gamma} + 1,5 \cdot h_{\phi} + 0,03 = 0,1 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,18 \text{ мм}$$

Максимальна ширина провідника:

$$b_{\max} = b_{\min} + 0,02 \text{ (мм)} \quad (4.10)$$

$$b_{\max} = 0,18 + 0,02 = 0,2 \text{ (мм)}$$

4.1.6. Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

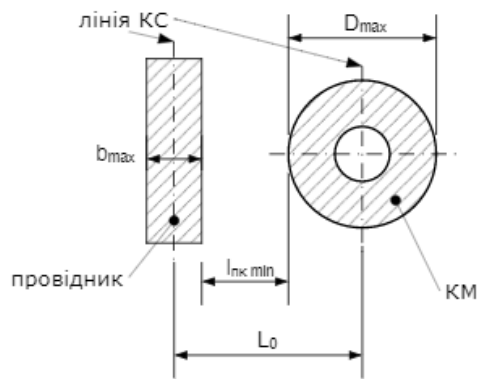


Рисунок 4.1.6.1 мінімальна відстань між провідником і контактною площиною.

$$l_{\text{ПКМ min}} = L_0 - \left(\frac{D_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{КМ}} + \frac{b_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{СП}} \right) \quad (4.11)$$

де L_0 – відстань між центрами отворів та друкованим провідником, які кратні кроку КС, $L_0 = 1 \text{ мм}$ (найгірший випадок).

D_{max} - максимальний діаметр КМ,

b_{max} - максимальна ширина провідника,

$\delta_{\text{КМ}}$ - похибка розташування центра КМ відносно вузла КС, $\delta_{\text{КМ}} = 0,05$

$\delta_{\text{СП}}$ - похибка, яка враховує зміщення провідника, $\delta_{\text{СП}} = 0,05 \text{ мм}$

$$\begin{aligned} l_{\text{ПКМ min}} &= L_0 - \left(\frac{D_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{КМ}} + \frac{b_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{СП}} \right) \\ &= 1 - \left(\frac{1,12}{2} + 0,05 + \frac{0,2}{2} + 0,05 \right) = 0,24 \text{ (мм)} \end{aligned}$$

4.1.7. Визначення мінімальної відстані між двома сусідніми провідниками (між краями провідників).

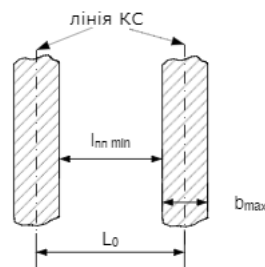


Рисунок 4.1.7.1 мінімальна відстань між двома сусідніми провідниками

$$l_{\text{ПП min}} = L_0 - (b_{\text{max}} + 2 \cdot \delta_{\text{сп}}) \quad (4.12)$$

$$l_{\text{ПП min}} = L_0 - (b_{\text{max}} + 2 \cdot \delta_{\text{сп}}) = 1 - (0,2 + 2 \cdot 0,05) = 0,7 \text{ мм}$$

4.1.8. Визначення мінімальної відстані між двох контактних площин.

$$l_{\text{min КМ КМ}} = L_{01} - (D_{\text{max}} + 2 \cdot \delta_{\text{КМ}}) \quad (4.13)$$

де L_{01} - відстань між центрами сусідніх КП, $L_{01}=2,5$ мм.

$$\begin{aligned} l_{\text{min КМ КМ}} &= L_{01} - (D_{\text{max}} + 2 \cdot \delta_{\text{КМ}}) = 2,5 - (1,12 + 2 \cdot 0,05) \\ &= 1,28 \text{ (мм)} \end{aligned}$$

Отримане значення задовольняє 5 клас точності.

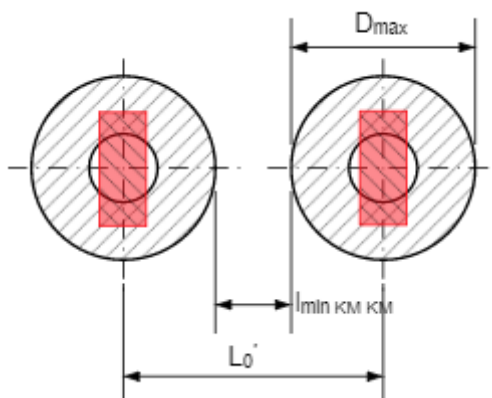


Рисунок 4.1.8.1 мінімальна відстань між двох контактних площин.

4.2. Електричний розрахунок друкованої плати

Розрахунок виконується за умов, що плата виготовлена комбінованим методом, згідно ГОСТ Р 50621-93.

4.2.1 Визначення падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику.

Падіння напруги на друкованому провіднику визначається:

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{пр}} \cdot I_{\text{max}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

де ρ - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП,

$$\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$$

$l_{\text{пр}}$ – максимальна довжина друкованого провідника, $l_{\text{пр}} = 0,479 \text{ м}$.

$t_{\text{пр}}$ - товщина провідника, $t_{\text{пр}} = 0,0965 \text{ мм}$

I_{max} – максимальний струм у провіднику, $I_{\text{max}} = 430 \text{ мА}$

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} = \frac{0,0175 \cdot 0,184 \cdot 0,479}{0,1 \cdot 0,0965} = 0,15 \text{ (В)}$$

Розраховане падіння напруги не перевищує 5% від напруги живлення ($U_{\text{ж}} = 5 \text{ В}$).

4.2.2 Визначення потужності втрат друкованої плати.

Потужність втрат визначається:

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot E_n^2 \cdot \text{tg} \sigma \quad (4.15)$$

де $f = 50 \cdot 10^6$, тому що розрахунок виконується для високих частот ;

$\text{tg} \sigma$ – тангенс кута діелектричних втрат для матеріала ДП, $\text{tg} \sigma = 0,002$ для матеріалу FR4;

C – ємність ДП

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h} \quad (4.16)$$

де ε – діелектрична проникність, $\varepsilon = 4.5$ для FR4

S_m - площа металізації, $S_m = 1346,6 \text{ мм}^2$

h - товщина ДП, мм

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h} = \frac{0,009 \cdot 4,5 \cdot 1346,6}{1,5} = 36,3 \text{ (пФ)}$$

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot E_n^2 \cdot \text{tg} \sigma = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 36,3 \cdot 10^{-12} \cdot 144 \cdot 0,002 = 32,8 \text{ (мкВт)} - \text{ на високих частотах}$$

$$P_{\text{пот}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot E_n^2 \cdot \text{tg} \sigma = 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 36,3 \cdot 10^{-12} \cdot 144 \cdot 0,002 = 65,6 \text{ (пВт)} - \text{ на високих частотах}$$

4.2.3 Визначення ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину.

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1} \quad (4.17)$$

де S – відстань між двома паралельними провідниками, $S=0,15$ мм;

$b_{\text{пр}}$ - ширина друкованого провідника, мм;

$t_{\text{пр}}$ - товщина друкованого провідника, мм;

$l_{\text{пр}}$ - довжина взаємного перекриття двох паралельних провідників, 25мм ;

$$\begin{aligned} C &= 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1} \\ &= 0,12 \cdot 4,5 \cdot 0,025 \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot 0,15}{0,1 + 0,0965} \right]^{-1} = 7.83(\text{пФ}) \end{aligned}$$

4.2.4 Визначення взаємної індуктивності двох паралельних провідників однакової довжини.

$$M = 0,02 \left(l_{\text{пр}} \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 - L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 - L_0^2} + l_{\text{пр}} \right) \quad (4.18)$$

де $l_{\text{пр}}$ – довжина перекриття паралельних провідників, $l_{\text{пр}}=4$ см;

L_0 -відстань між осьовими лініями двох паралельних провідників, $L_0=0,125$ мм;

$$\begin{aligned} M &= 0,02 \left(l_{\text{пр}} \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 - L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 - L_0^2} + l_{\text{пр}} \right) = \\ &= 0,02 \left(4 \cdot \lg \frac{\sqrt{16 - 0,0156} + 4}{0,125} - \sqrt{16 - 0,0156} + 4 \right) = 0,144(\text{нГн}) \end{aligned}$$

4.3 Розрахунок надійності друкованого вузла

Найбільш точна кількісна міра надійності кожного конструктивного елементу – його індивідуальне напрацювання до моменту виникнення відмови.

Важлива характеристика надійності - середній час безвідмовної роботи визначається:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda}, \quad (4.19)$$

Інтенсивність відмов ЕРЕ є їх вихідною характеристикою надійності, залежить від режиму роботи та ступеню тяжкості таких зовнішніх впливів, як температура, тепловий удар, вологість, вібрації і т.д.

Тоді можна записати:

$$\lambda_e = \lambda_{oe} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (4.20)$$

де λ_{oe} - інтенсивність відмов елементу при нормальних умовах роботи (температура навколишнього середовища $T^{\circ}_{окр.ср} = 20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $65 \pm 15\%$);

$N \cdot \lambda_{oe} \cdot K_n \cdot a_t \cdot a_e \cdot 10^{-8}$ – сумарна інтенсивність відмов елемента і-типу. Коефіцієнт електричного навантаження $K_n = 1$, K_1 , K_2 , K_n - поправочні коефіцієнти, що враховують режими роботи та умови експлуатації. Для врахування впливу режиму роботи на інтенсивність відмов ЕОА вводять коефіцієнт навантаження, що дорівнює відношенню навантаження в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі:

$$K_n = \frac{H_{роб}}{H_{ном}}, \quad (4.21)$$

Коефіцієнт навантаження для резисторів

$$K_{н.р} = \frac{P_{роб}}{P_{ном}} = \frac{U_{роб}^2}{R \cdot P_{ном}}, \quad (4.22)$$

для конденсаторів

$$K_{н.с} = \frac{U_{роб}}{U_{ном}}, \quad (4.23)$$

Розраховуємо коефіцієнти навантаження:

Резистори

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$U_{\text{роб}}^2 = 25\text{В}$$

Результати розрахунку представлені в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Коефіцієнти навантаження резисторів.

Номер	Опис	Коефіцієнт
R1,R14-16	R - 0402 0.5 Вт 75 Ом 0.1% Vishay	0.66
R4,R10,R11,R17- R19,R22	R - 0402 63 мВт 0 Ом 5% Vishay	0
R20,R21	R - 0402 1.5 Вт 47 Ом 1% Vishay	0.35
R13	R - 0402 63 мВт 560 Ом 1% Vishay	0,7
R3,R5,R6	R - 0603 1.5Вт 120 Ом 1% Vishay	0.13
R7,R8	R - 0805 0.55 Вт 47 Ом 5% Vishay	0.96
R9	R -2512 1.5 Вт 1.7 кОм 5% Vishay Dale	0.009
R2,R12	R -4527 2 Вт 4.7 кОм 1% Vishay Dale	0.002

Конденсатори:

$$U_{\text{роб}} = 5\text{В}$$

Результати розрахунків наведені в Таблиці 4.3.

Друкований вузол відноситься до наземної апаратури, експлуатується при $T_p = 25^\circ \text{C}$, інші умови експлуатації нормальні.

Вихідні дані для розрахунку – схема принципова, перелік елементів, часова діаграма та інтенсивність відмов “компонентів

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

надійності” від температурних впливів.

По картам робочих режимів необхідно визначити коефіцієнти навантаження, температурні коефіцієнти ІС та інших ЕРЕ, підрахувати кількість всіх елементів. Вихідні дані для визначення λ_p зведені до Таблиці.4.4.

Таблиця 4.3. – Коефіцієнт навантаження конденсаторів

Номер	Опис	Коеф.
C2,C5	C-0402 50В 470пФ 10% X7R Yageo	0.1
C1,C4,C7 C10-C12 C14,C15 C17-C20 C23,C28 C29,C32 C35,C36	C-0603 16В 0.1мкФ 10% X7R KEMET	0.3
C9,C31	C-0603 50В 0.01мкФ 10% X7R KEMET	0.1
C21,C22 C24-C27 C30,C33 C34,C37 C38	C-0603 6.3В 10мкФ 20% X5R AVX Corporation	0.7
C8,C13 C16	C-'1411 6.3В 220мкФ 20% X7R KEMET	0.7
C3,C6	C-2917 16В 47мкФ 20% X7R Panasonic	0.3

Таблиця 4.4. – Карта робочих режимів елементів.

Компонент	N	$\lambda_{0e} \cdot 10^{-8},$ год ⁻¹	K_H	a_t	a_e	$N \cdot \lambda_{0e} \cdot K_H \cdot a_t \cdot a_e \cdot 10^{-8}$
Конденсатор						
C2,C5	2	2	0.1	0,4	20	32
C1,C4,C7 C10-C12 C14,C15 C17-C20 C23,C28 C29,C32 C35,C36	18	2	0.3	0,4	20	86,4
C9,C31	2	2	0.1	0,4	20	3,2

Таблиця 4.4(продовження)

C21,C22 C24-C27 C30,C33 C34,C37 C38	11	2	0.7	0,4	20	123, 2
C8,C13 C16	3	2	0.7	0,4	20	33,6
C3,C6	2	2	0.3	0,4	20	9,6
Резистор						
R1,R14-16	4	4	0.66	0,15	20	31,6 8
R4,R10,R11, R17-R19,R22	7	4	0	0,15	20	0
R20,R21	2	4	0.35	0,15	20	8,4
R13	1	4	0,7	0,15	20	8,4
R3,R5,R6	3	4	0.13	0,15	20	4,68
R7,R8	2	4	0.96	0,15	20	24,5
R9	1	4	0.009	0,15	20	0,1
R2,R12	2	4	0.002	0,15	20	0,04 8
Кварцовий генератор	2	4,6	0,8	1	20	147. 2
ІС	7	1,17	1	1	20	163, 8
Друкована плата	1	10	1	1	20	200
Контакт роз'єма	33	2	1	1	20	132 0
Пайка виводів	1061	0,05	1	1	20	106 1
Перехідні отвори	274	0,03 75	1	1	20	205, 5
	Сумар но					3316,10 8

В Таблиці 4.4:

a_e – поправочний коефіцієнт на вплив зовнішніх впливів рівний 20, для наземної апаратури (a_t – поправочний температурний коефіцієнт, визначається з залежності відносної інтенсивності відмов (K_n від інтегрального поправочного коефіцієнта $K = \lambda_e / \lambda_{0e}$))
(Конструирование ЭВМ и систем А.Я.Савельев)

Показники інтенсивності відмов, що наведені в таблиці, дещо завищені, що дозволяє виконати розрахунок для «найгіршого випадку».

Результуюча інтенсивність відмов дорівнює сумі інтенсивності відмов компонентів:

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi}, \quad (4.24)$$

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} \approx 3316,108 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$$

Середній час напрацювання до першої відмови:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{3316,108 \cdot 10^{-8}} \approx 30155 \text{ (год)}$$

Ймовірність безвідмовної роботи на протязі року:

$$P = e^{-\lambda_p t} = e^{-3316,108 \cdot 10^{-8} \cdot 8760} \approx 0,75$$

Ймовірність відмов на протязі року:

$$Q(t) = 1 - 0,75 = 0,25$$

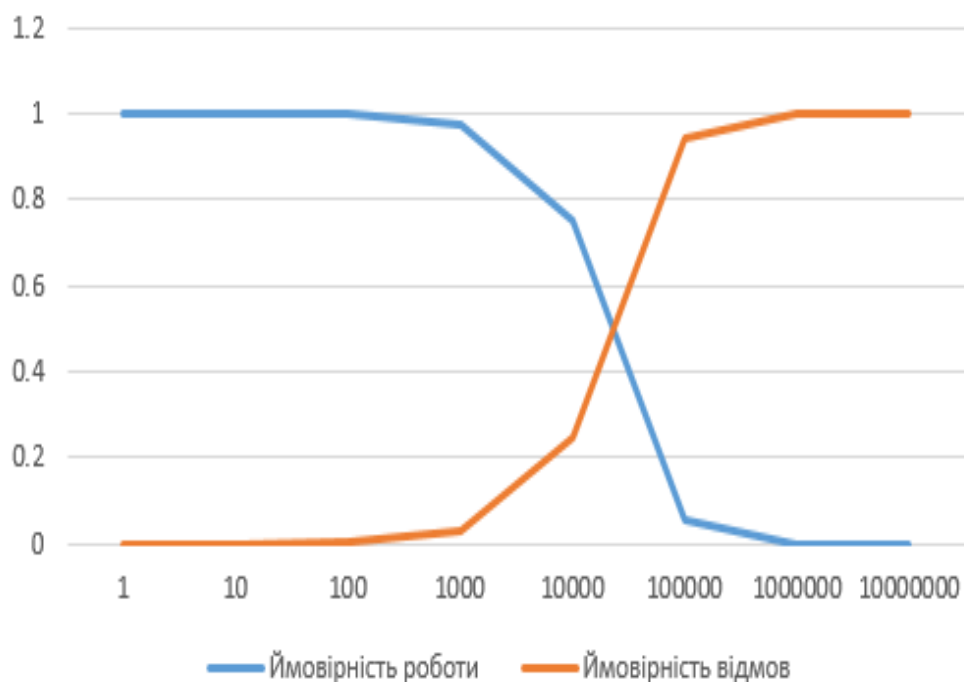


Рисунок 4.3.1 Графік залежності безвідмовної роботи і ймовірності відказу ДВ від часу

Отримане значення напрацювання на відмову відповідає технічному завданню. З одного боку це за умови безперервної роботи, що на практиці для даного приладу не завжди можливо. З іншої сторони в цих теоретичних розрахунках не враховані такі фактори як старіння приладу, його знос і т.д.

4.4 Розрахунок віброміцності друкованого вузла.

Таблиця 4.5 - Маса елементів друкованої плати

Елемент	Позначення	К-ть	Маса, г	Загальна маса, г
Конденсатори	0603-X7R	31	0,02	0.62
	0402-X7R	2	0.01	0.02
	1411-X7R	3	0.1	0.3
	2917-X7R	2	0.2	0.4
Котушки індуктивності	744771147	4	0,1	0.4
Мікросхеми	EP2C35F672C8N	1	10	10
	ADV7123KSTZ140	1	0.18	0.18
	ADV7181CBSTZ	1	0.34	0.34
	LM2676	1	1.6	1.6
	78D05AL	1	1	1
	AME1117	1	0.93	0.93
Резистори	SMD 0603	3	0.02	0.06
	SMD 0805	2	0.07	0.14
	SMD 0402	14	0.01	0.14
	SMD 2512	1	0.09	0.09
	SMD 4527	2	0.1	0.2
	172-015-202R001	1	8.5	8.5
Роз'єми	PLS-3	1	0,114	0.114
	PL-USB-BLASTER-RCN	1	25	25
	RCJ-012	1	1.5	1.5
Загально				47,6

Визначимо віброміцність друкованої плати із склотекстоліту розміром $a \cdot b \cdot \delta = 115 \cdot 68 \cdot 1,5 \text{ мм}$.

Вага елементів на платі 47,6г. Візьмемо вагу елементів з деяким запасом, так, що вона складатиме 50г. Параметри склотекстоліту : гранична пластичність $\sigma_T = 105 \text{ МПа}$, модуль Юнга $E = 3,02 \cdot 10^{10} \text{ Па}$, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,22$, показник затухання $\varepsilon = 0,06$, питома вага 2050 кг/м^3 , питома щільність $2,05 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^3$. Коефіцієнт перенавантаження $n = 8$, коефіцієнт запасу міцності $n_1 = 2$.

Варіанти закріплення друкованих плат:



Рисунок 4.2. Варіанти закріплення друкованої плати

Обраний тип закріплення – спирання на 4 сторони.

Розрахунки:

Визначимо масу друкованої плати і елементів:

$$m_n = a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho = 0,115 \cdot 0,068 \cdot 0,0015 \cdot 2050 = 0,02404(\text{кг}) = 24,04(\text{г})$$

$$m_{\text{с}} = 50(\text{г})$$

Визначимо коефіцієнт K_B :

$$K_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_{\text{Э}}}{m_{\text{П}}}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{50}{24,04}}} = 0,57$$

Визначення коефіцієнт α , враховуючи вибраний тип закріплення:

$$\alpha = \pi^2 \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) = \pi^2 \cdot \left(1 + \frac{0,115^2}{0,068^2}\right) = 11$$

Визначимо циліндричну жорсткість D:

$$D = \frac{E \cdot \delta^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} = \frac{3,02 \cdot 10^{10} \cdot 0,0015^3}{12 \cdot (1 - 0,22^2)} = 8,9 \text{ (Н*м)}$$

Визначимо власну частоту коливань друкованої плати:

$$f_c = \frac{K_B \cdot \alpha}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \cdot \sqrt{\frac{D \cdot g}{\nu \cdot \delta}} = \frac{0,57 \cdot 11}{2 \cdot \pi \cdot 0,115^2} \cdot \sqrt{\frac{8,9 \cdot 9,81}{2,05 \cdot 10^4 \cdot 0,0015}} \approx 412,56 \text{ (Гц)}$$

$f_c > 250$ Гц, тобто конструкція забезпечує жорсткість.

Висновок до розділу:

В даному розділі виконались розрахунки, які повинні підтвердити коректність конструктивних елементів друкованої плати, правильність обраного класу точності. Зважаючи на габаритне розміщення виводів мікросхеми FPGA, конструктивно пристрій потребує 5 класу точності. Тому визначені параметри друкованого монтажу повинні збігатися або бути меншими, відповідно до тих, які подано для 5 класу точності. Розрахунок підтвердив потребу у 5 класі. Інші розрахунки показали: Отримано значення падіння напруги на найдовшому провіднику 0,15 В. Воно знаходиться дуже далеко від межі, що дорівнює 5% від напруги живлення. Потужність втрат дорівнює 32,8 мкВт. Це незначна величина. Паразитна ємність (7,83 пФ) та індуктивність (0,144 нГн) не впливають на роботу друкованого вузлу. Було отримано значення напруження на відмову, яке відповідає технічному завданню. В результаті було розраховано, що пристрій може працювати 30155 годин безперервно. Також було доведено, що тобто конструкція забезпечує жорсткість.

					ДК51.201219.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Розділ 5. РЕАЛІЗАЦІЯ

5.1. Моделювання

Моделювання проводитиметься в середовищі MATLAB, яке в силу своїх обчислювальних засобів ідеально підходить для задач обробки фото та відео. MATLAB — пакет прикладних програм для числового аналізу, а також мова програмування, що використовується в даному пакеті. Система створена компанією *The MathWorks* і є зручним засобом для роботи з математичними матрицями, малювання функцій, роботи з алгоритмами, створення робочих оболонок (user interfaces) з програмами в інших мовах програмування. [15].

Побудова математичної моделі складається з трьох етапів :

1. Відзняти відео
2. Вилучити кадри з деяким інтервалом
3. Провести попиксельне віднімання зображень

Кожен етап окремо реалізовується у вигляді MATLAB- скриптів .

Етап 1.

Відео зніматимемо за допомогою веб – камери.

```
clear all; %% clear all previous variables
clc;
imaqreset; %% видаляє будь-яке зображення яке існує в пам'яті
vid = videoinput('winvideo',1, 'YUY2_320x240'); %% оголошення параметрів камери
set(vid, 'FramesPerTrigger', Inf);
set(vid, 'ReturnedColorspace', 'rgb');
vid.FrameGrabInterval = 1; %% відстань між зробленими кадрами
start(vid) %% стартова функція
aviObject = VideoWriter('my Video.avi'); %% створення AVI файлу
open(aviObject); %% початок заповнення AVI файл кадрами
for iFrame = 1:50 %% параметр кількості кадрів відео
    I = getsnapshot(vid); %% функція яка повертає 1 картинку з вхідного відео потоку
    F = im2frame(I); %% конвертація картини у відео кадр
    writeVideo(aviObject,F); %% додавання до AVI кадрів
end
close(aviObject); %% завершення запису у AVI файл
stop(vid);
```


Етап 2.

Вилучення кадрів з відео.

```
a=VideoReader('my Video.avi'); %%читання відео
for img = 1:50; %% кількість кадрів яка буде збережена
filename=strcat('frame',num2str(img),'.jpg'); %% встановлення параметрів для збережених кадрів
b= read(a,img); %% читання з відео
imwrite(b,filename); %%збереження
end
```

Етап 3.

Попіксельне віднімання

```
X = frame 1; %% визначення кадру 1
Y = frame 2; %% визначення кадру 2
Z = imsubtract(X,Y); %% функція віднімання
image(Z) %%візуалізація результату
```

Зараз розгляну кілька випадків роботи алгоритму



Рисунок 5.1.1.Вхідні фото. Однакові зразки

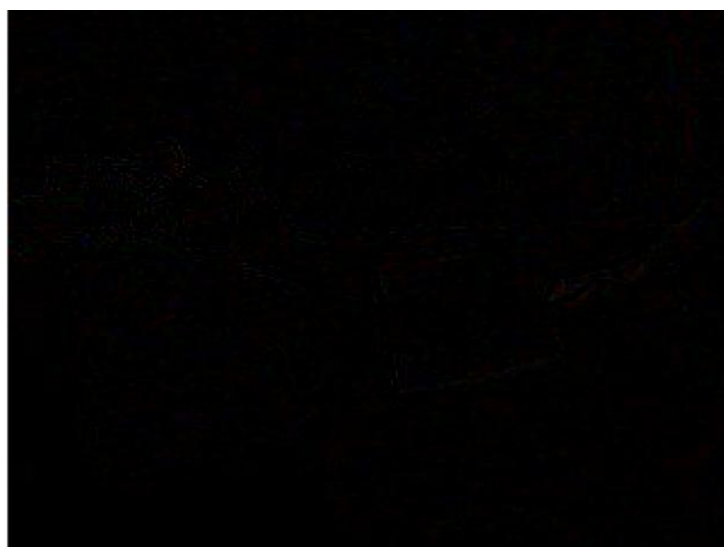


Рисунок 5.1.2..Результат віднімання

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50



Рисунок 5.1.3.Вхідні фото. Статичний об'єкт

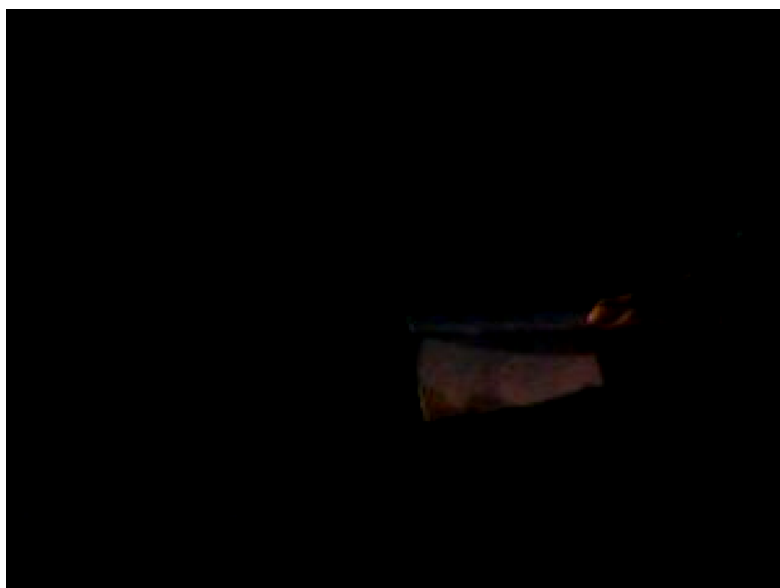


Рисунок 5.1.4.Результат віднімання



Рисунок 5.1.5.Вхідні фото. Рухомий об'єкт. Хороше освітлення

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

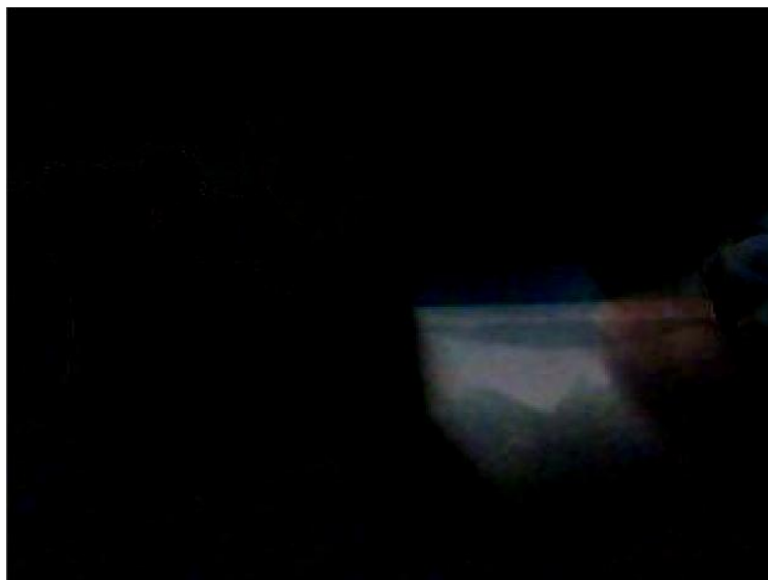


Рисунок 5.1.6.Результат віднімання



Рисунок 5.1.7. Вхідні фото . Статичний Об'єкт . Погане освітлення

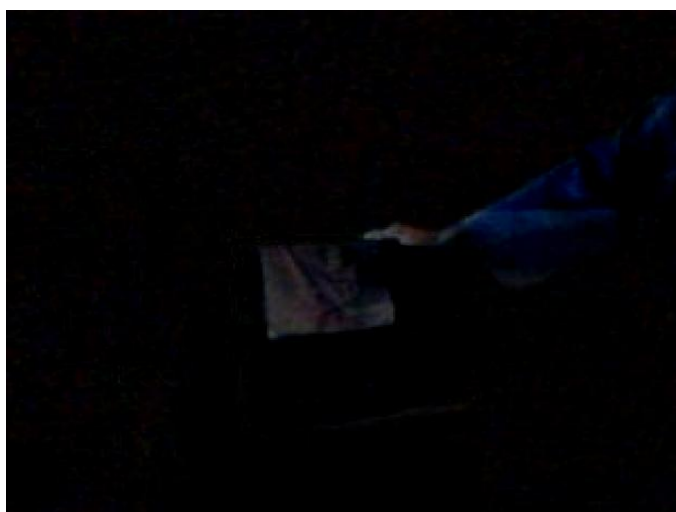


Рисунок 5.1.8. Результат віднімання

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52



Рисунок 5.1.9. Вхідні фото. Рухомий об'єкт. Погане освітлення

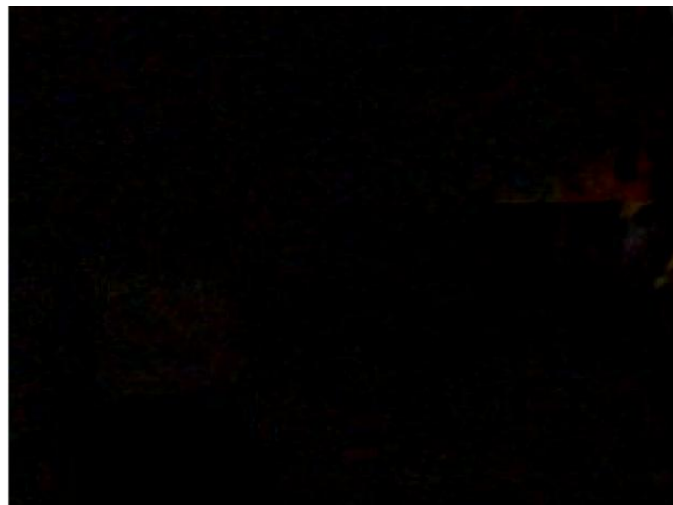


Рисунок 5.1.10. Результат віднімання

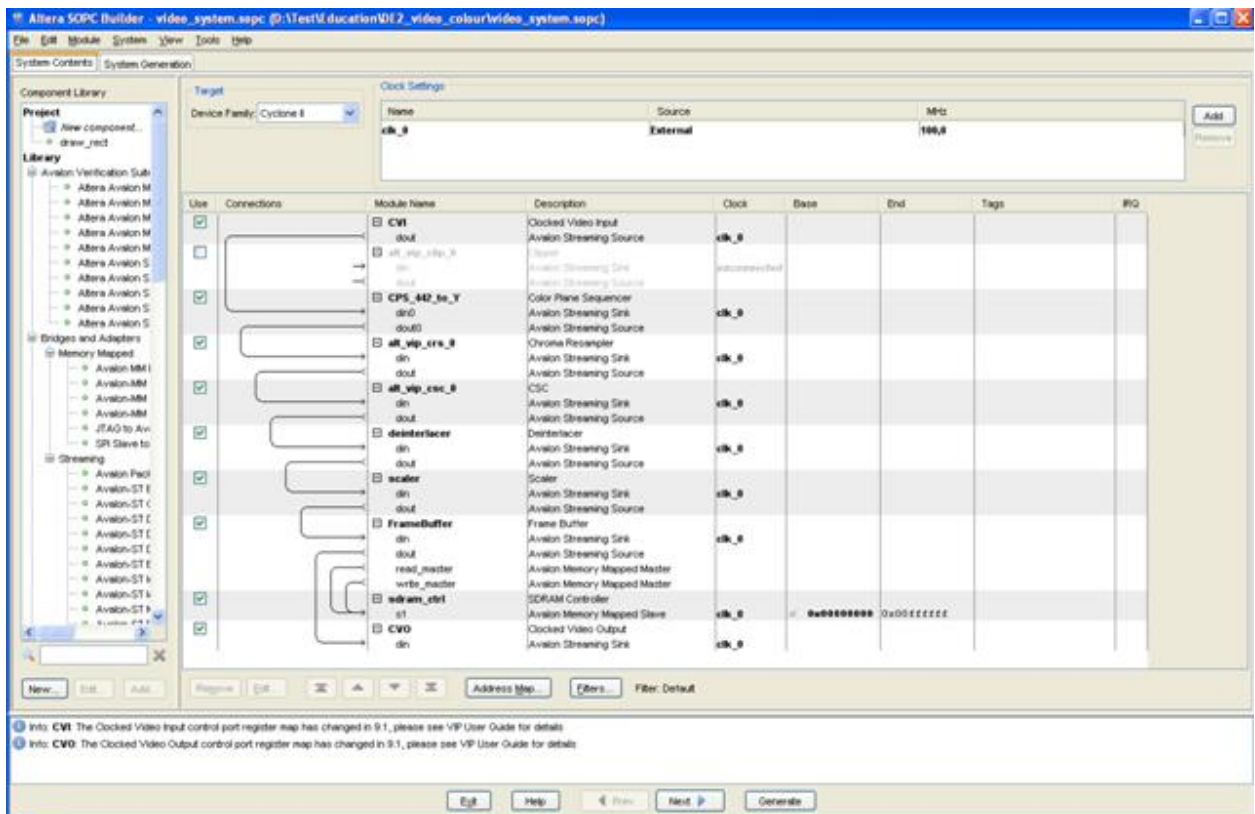
5.2. Програмування пристрою

Програмування виконувалося в середовищі Quartus II . Altera Quartus II - це середовище компанії Altera для програмування та розробки під ПЛІС. Quartus II дозволяє аналізувати і синтезувати HDL конструкції, що дозволяє розробнику складати свої проекти, виконувати часовий аналіз, тестувати RTL діаграми, імітує реакцію дизайну на різні подразники, і настроїти цільовий пристрій на програміста. Quartus включає в себе реалізацію VHDL та Verilog для опису апаратного забезпечення, візуального редагування логічних схем та моделювання векторних сигналів[16].

Використані можливості середовища :

- SOPC Builder, інструмент, що автоматично генерує логіку взаємоз'єднання та створює пристрій тестування для перевірки функціональності.

Для реалізації всіх необхідних функцій за допомогою утиліти SOPC Builder створюємо ядро пристрою перетворення відеосигналу наступної конфігурації:



5.2.1 Ядро пристрою

Ядро пристрою містить наступні складові :

1. Clocked Video Input
2. Color Plane Sequencer
3. Chroma Resampler
4. CSC
5. Deinterlacer
6. Scaler
7. Frame Buffer
8. Sdram_controller
9. Clocked video Output.

Clocked Video Input Clocked video Output. сигнали використовуються для захоплення та передачі відео в різних форматах, таких як BT656 та BT1120.

1. Цей модуль призначений для перетворення стандартного послідовного відеопотоку в формат Avalon-ST Video.
2. Цей блок перетворює послідовний відеопотік в паралельний.
3. Цей компонент змінює метод кодування кольорової складової з 4:2:2 на 4:4:4
4. Цей блок перетворює кольорове поле сигналу YCbCr в колірне поле RGB.
5. Цей блок об'єднує два напівкадри в один кадр (прогресивна розгортка) з роздільною здатністю 720 x 576 пікселів
6. Цей блок змінює розширення вихідного сигналу з 720 x 576 пікселів на 640 x 480 пікселів (для VGA монітора).
7. Блок виконує функцію тимчасового буфера для накопичення певної кількості відеофреймов з їх подальшою передачею компоненту Clocked video Output.
8. Цей блок використовується для налаштування доступу до зовнішнього чипа пам'яті .
9. Блок перетворює відеопотік Avalon-ST Video в формат, сумісний з VGA. Блок налаштований на генерацію стандартного сигналу для VGA монітора з роздільною здатністю 640x480 пікселів.

Синтезоване ядро виглядає наступним чином :

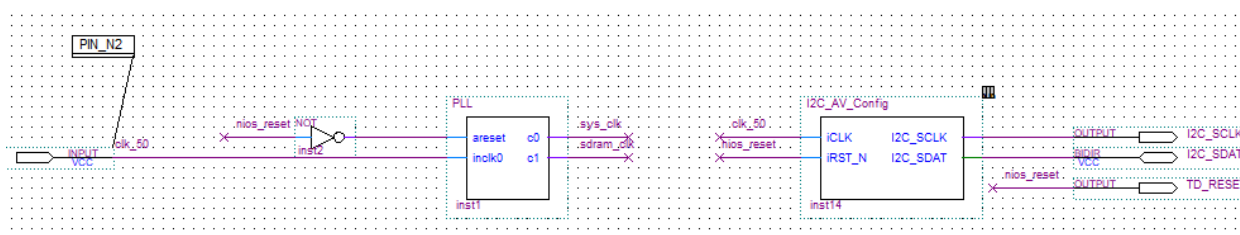


Рисунок 5.2.2 Блок конфігурації відео декодера

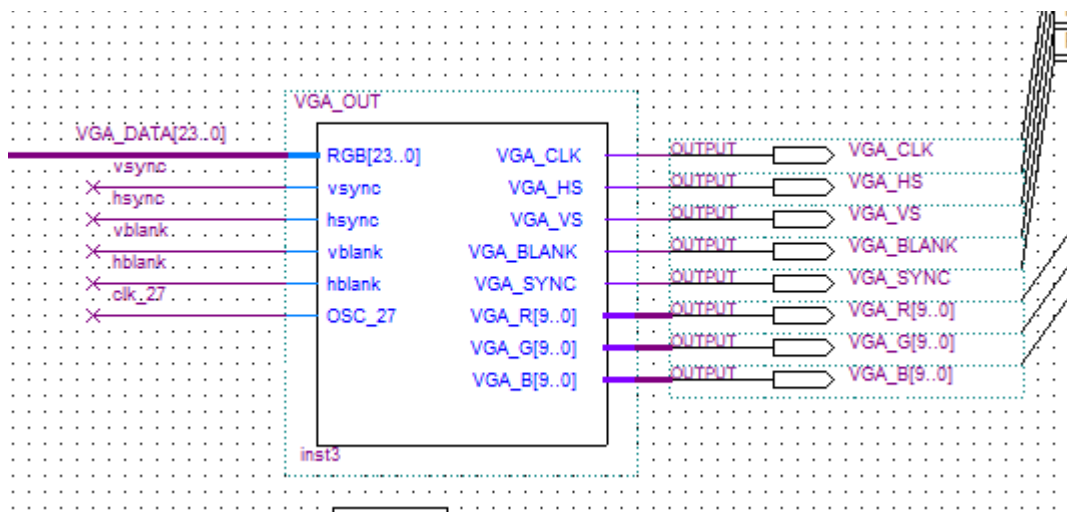


Рисунок 5.2.3 Блок конфігурації вихідного відео сигналу

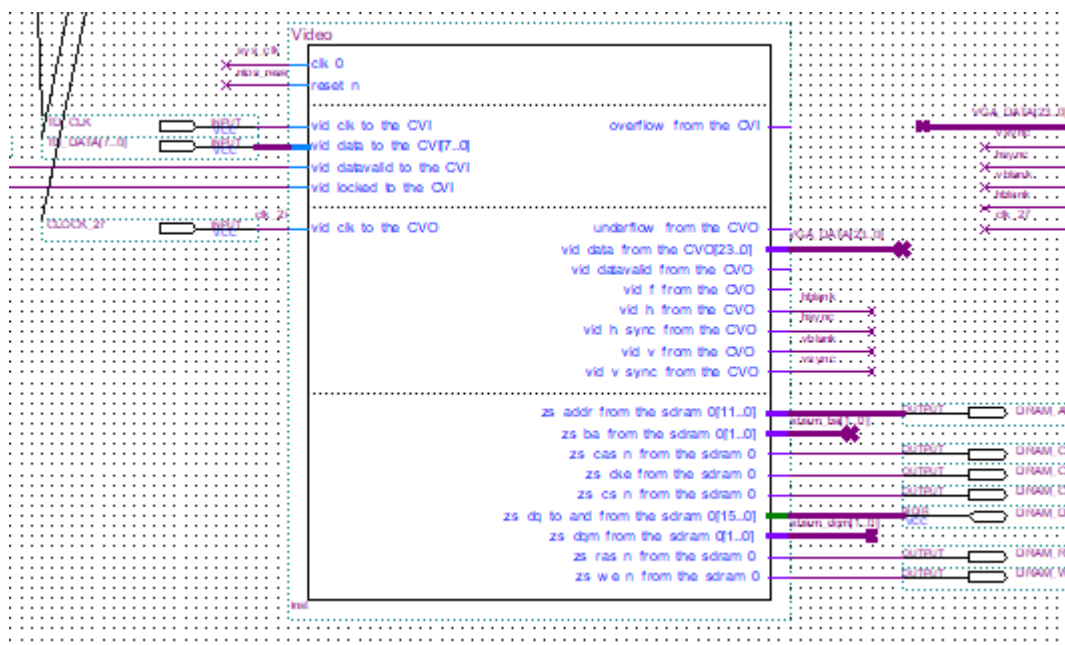


Рисунок 5.2.4 Конфігурація блоку для отримання вхідного композитного відео сигналу

Висновок до розділу:

Програмування пристрою здійснювалося в середовищі Quartus II. Для реалізації всіх необхідних функцій за допомогою утиліти SOPC Builder синтезовано ядро пристрою перетворення композитного відеосигналу в RGB сигнал. Проведено повне моделювання системи відео спостереження на основі методу між кадрової різниці в середовищі Matlab.

Висновки

Пристрій, що проектується призначений для виконання функцій відео спостереження, з метою виявлення зміни фізичних властивостей у досліджуваної області або об'єкту та з метою виявлення руху в області зйомки. Для вирішення проблеми детектування руху обрано метод між кадрової різниці. Тому що він є доволі простим у використанні і не потребує великих апаратних ресурсів. Принцип роботи базується на виборі інтервалу між кадрами. На якість роботи алгоритму впливає стабільність фону зйомки.

На основі поставленого технічного завдання розроблено структурну схему пристрою. Схема містить в собі структурні зв'язки блока керування пристроєм. Щоб реалізувати даний метод, обґрунтовано вибір елементної бази. На основі структурної схеми розроблено схему електричну принципову. При її проектуванні окремі каскади будувалися згідно рекомендацій у технічній документації до мікросхем для найбільш коректної роботи. В каскадах, не було потреби виконувати розрахунки, тому що номінали усіх компонентів, які потрібно встановити з ключовими елементами пристрою було вказано в технічній документації до них. Детально розібрано принцип функціонування кожного функціонального блоку системи.

Виконані розрахунки, які підтвердили коректність конструктивних елементів друкованої плати, правильність обраного класу точності. Зважаючи на габаритне розміщення виводів мікросхеми FPGA, конструктивно пристрій потребує 5 класу точності. Тому визначені параметри друкованого монтажу повинні збігатися або бути меншими, відповідно до тих, які подано для 5 класу точності. Розрахунок підтвердив потребу у 5 класі. Інші розрахунки показали: отримано значення падіння напруги на найдовшому провіднику 0,15 В. Воно знаходиться дуже далеко від межі, що дорівнює 5% від напруги живлення. Потужність втрат дорівнює 32,8 мкВт при роботі на високій частоті. Паразитна ємність (7,83 пФ) та індуктивність (0,144 нГн) не впливають на роботу друкованого вузлу. Було отримано значення напруження на відмову, яке відповідає технічному завданню. В результаті було розраховано, що пристрій може працювати 30155 годин безперервно. Також було доведено, що тобто конструкція забезпечує жорсткість.

Програмування пристрою здійснювалося в середовищі Quartus II. Для реалізації всіх необхідних функцій за допомогою утиліти SOPC

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Builder синтезовано ядро пристрою перетворення композитного відеосигналу в RGB сигнал. Проведено повне моделювання системи відео спостереження на основі методу між кадрової різниці в середовищі Matlab.

Було пройдено апробацію матеріалів дипломної роботи на XVIII всеукраїнській конференції молодих учених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі» та на XI міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених «Електроніка 2019».

Технічне завдання виконане у повному обсязі. Представлений варіант реалізації системи містить FPGA, з реалізованими на її базі SDRAM та VGA контролерами; блок динамічної пам'яті SDRAM ; АЦП; ЦАП; Відео декодер. Підтверджено, що середній час напрацювання становить не менше 10000 год. Не перевищено максимальну величину габаритних розмірів ДП. Не перевищено межу маси ДП. Обрана мікросхема для обробки відео потоку може працювати з TSC-(J, M, 4.43), PAL-(B/D/G/H/I/M/N), SECAM форматами. Розроблений пристрій пристосовано для бажаного інтерфейсу виведення результату обробки. Усі вимоги до кількості та об'єму документації виконано.

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Список літератури

1. Видеонаблюдение: Аналитика, цифры, прогнозы, технологии [электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.techportal.ru/glossary/videonabludenie.html>
2. Видео детекторы движения [электронный ресурс] – режим доступа: <http://sk.ru/net/1110186/b/news/archive/2012/12/27/videodetektor-dvizheniya.aspx>
3. Пару слов о распознавании образов [электронный ресурс] – режим доступа: <https://habr.com/ru/post/208090/>
4. NEC использует технологии Intel в распознавании лиц [электронный ресурс] – режим доступа: https://ko.com.ua/nec_ispolzuet_tehnologii_intel_fpga_v_sisteme_raspoznavaniya_lic_120825
5. Метод обнаружения объекта в видеопотоке в реальном времени [электронный ресурс] – режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/metod-obnaruzheniya-obekta-v-videopotoke-v-realnom-vremeni>
6. Преобразование видеосигнала с помощью NIOS II [электронный ресурс] – режим доступа: <http://fpga.in.ua/fpga/cad-pld/nios-soc-design-laboratory-works/lr5-preobrazovanie-videosignala-s-pomoshhyu-nios-ii.html>
7. ADV7181B Datasheet [электронный ресурс] – режим доступа: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/obsolete-data-sheets/ADV7181B.pdf>
8. IS42S16400 Datasheet [электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.issiusa.com/pdf/42S16400.pdf>
9. VGA Controller [электронный ресурс] – режим доступа: https://www.digikey.com/eewiki/pages/viewpage.action?pageId=15925278&preview=%2F15925278%2F16056329%2Fvga_with_hw_image_result.jpg
10. 78D05AL Datasheet [электронный ресурс] – режим доступа: https://www.datasheet.directory/index.php?title=Special:PdfViewer&url=https%3A%2F%2Fdatasheet.iic.cc%2Fdatasheets-1%2Funisonic_technologies%2F78D05AL-TN3-R.pdf
11. LM2676 Datasheet [электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/538303/TI/LM2676.html>
12. AME1117 Datasheet [электронный ресурс] – режим доступа: <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/ame/ame1117.pdf>

13. ADV7123 Datasheet [электронный ресурс] – режим доступа:
<https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADV7123.pdf>
14. Губар В.Г. Курс лекций по ФТОК. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://bit.ly/2K08N4t>
15. MATLAB [электронный ресурс] – режим доступа:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/MATLAB>
16. Altera Quartus [электронный ресурс] – режим доступа: https://uk.wikipedia.org/wiki/Altera_Quartus

ГОСТ 15150-69 МАШИНЫ, ПРИБОРЫ И ДРУГИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ Исполнения для различных климатических районов.

Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 23571-86 ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ Основные параметры конструкции

ГОСТ Р 50621-93 ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ ОДНО- И ДВУСТОРОННИЕ С НЕМЕТАЛЛИЗИРОВАННЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ Общие технические требования
 ДСТУ 3008:2015 ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ

Структура та правила оформлювання

ОСТ 4.010.022 – 85 ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ Методы конструирования и расчета

					<i>ДК51.201219.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60